Granulométrie du substrat de sites de fraie potentiels du saumon de l'Atlantique dans onze rivières du Nouveau-Brunswick et de l'Île-du-Prince-Édouard

S. Jolicoeur, D. Caissie et É. Arseneau

Ministère des Pêches et Océans
Région du golfe
Direction des océans et des sciences
Section des poissons diadromes
C.P. 5030, Moncton, N.-B., E1C 9B6

2007

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2756

Fisheries and Oceans Pêches et Océans

Canada

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contributes to existing knowledge but which is not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is abstracted in *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts* and indexed in the Department's annual index to scientific and technical publications.

Numbers 1-456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457-714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715-924 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications complètes. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont résumés dans la revue *Résumés des sciences aquatiques et halieutiques*, et ils sont classés dans l'index annuel des publications scientifiques et techniques du Ministère.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement auteur dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

2008-01126/

Rapport technique canadien des sciences
halieutiques et aquatiques 2756

2007

Granulométrie du substrat de sites de fraie potentiels du saumon de l'Atlantique dans onze rivières du Nouveau-Brunswick et de l'Île-du-Prince-Édouard

par

Serge Jolicoeur[1], Daniel Caissie[2] et Éric Arseneau[3]

Ministère des Pêches et Océans
Région du golfe, Direction des océans et des sciences
Section des poissons diadromes
C.P. Box 5030, Moncton, N.-B., E1C 9B6

1. Département d'histoire et de géographie, Université de Moncton, Moncton, N.-B., E1A 3E9
2. Pêches et Océans Canada, Région du golfe, Moncton, N.-B., E1C 9B6
3. Les mines Blue Note Caribou, Bathurst, N.-B., E2A 3Z1

© Sa majesté la Reine du Chef du Canada, 2007
No de cat. Fs. 97-6/2756F ISSN 0706-6570

Pensez à recycler !

Think Recycling !

Imprimé sur du papier recyclé

On devra citer la publication comme suit :

Jolicoeur, S., D. Caissie et É. Arseneau. 2007. Granulométrie du substrat de sites de fraie potentiels du saumon de l'Atlantique dans onze rivières du Nouveau-Brunswick et de l'Île-du-Prince-Édouard. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquati. 2756: 89 p.

Table des matières

Liste des tableaux vi

Liste des figures vii

Résumé ix

Abstract x

1.0 INTRODUCTION 1

2.0 SITES D'ÉTUDE ET MÉTHODES 4

2.1 SÉLECTION DES RIVIÈRES ET SITES D'ÉCHANTILLONNAGE 4

2.1.1 Bassins sélectionnés en raison de la présence d'activités forestières 4

2.1.1.1 Ruisseau Catamaran 4

2.1.1.2 Rivière Black 5

2.1.1.3 Rivière Portage 5

2.1.1.4 Rivière Kouchibouguacis 6

2.1.2 Bassins sélectionnés en raison de la présence d'activités agricoles .. 6

2.1.2.1 Rivière Morell 6

2.1.3 Bassins sélectionnés en raison d'une régulation des débits (production d'énergie hydro-électrique) 7

2.1.3.1 Rivière Dee 7

2.1.3.2 Rivière Don 7

2.1.4 Bassins sélectionnés pour fins de référence (dont l'utilisation du sol est relativement proche de conditions «naturelles» ou peu perturbées) 7

2.1.4.1 Rivière Gulquac 7

2.1.4.2 Rivière Point Wolfe 8

2.1.4.3 Rivière Morell 8

2.1.4.4 Rivière Northwest Miramichi (Nord) 8

2.1.4.5 Rivière Northwest Miramichi (Sud) 9

2.2 PROTOCOLE D'ÉCHANTILLONNAGE 9

2.3 ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE 10

2.4 TRAITEMENT STATISTIQUE 10

3.0 RÉSULTATS 11

3.1 GRANULOMÉTRIE DU SUBSTRAT DES SITES DE RÉFÉRENCE ... 11

3.1.1 Rivière Gulquac 11

3.1.2 Rivière Point Wolfe 12

3.1.3 Rivière Northwest Miramichi (Nord et Sud) 13

3.2 GRANULOMÉTRIE DU SUBSTRAT DES SITES ADJACENTS À DES ACTIVITÉS FORESTIERES 14

3.2.1 Ruisseau Catamaran 14

3.2.1.1 Échantillonnage de 1997 14

3.2.1.2 Échantillonnage de 1998 15

3.2.1.3. Échantillonnage de 1999 16

3.2.2 Rivière Black 17

3.2.3 Rivière Portage 18

3.2.4 Rivière Kouchibouguacis 19

3.3 GRANULOMÉTRIE DU SUBSTRAT DES SITES ADJACENTS À DES ACTIVITÉS AGRICOLES 19

3.3.1 Rivière Morell 19

3.3.1.1 Échantillonnage de 1997 19

3.3.1.2 Échantillonnage de 2000 20

3.4 GRANULOMÉTRIE DU SUBSTRAT DES SITES SOUMIS À UNE RÉGULATION DES DÉBITS 23

3.4.1 Rivière Dee 23

3.4.2 Rivière Don 23

3.5 ANALYSE DE LA VARIATION SPATIALE DE LA GRANULOMÉTRIE DU SUBSTRAT DES RIVIÈRES 24

3.5.1 Variation spatiale de la granulométrie du substrat à l'échelle des sites 24

3.5.2 Variation spatiale de la granulométrie du substrat à l'échelle des rivières (entre les sites d'une même rivière) 25

3.5.3 Comparaison de la granulométrie du substrat des différentes rivières 26

3.5.3.1 Comparaison de tous les sites confondus 26

3.5.3.2 Comparaison des différentes rivières 27

4.0 DISCUSSION 28

4.1 LES BASSINS DE BAS PLATEAUX GRÉSEUX 28

4.2 LES BASSINS DE PLATEAUX EN ROCHES DE SOCLE 31

4.2.1 Secteurs de bas plateaux 31

4.2.2 Secteurs de hauts plateaux 32

4.3 IMPACT DES SÉDIMENTS FINS SUR L'HABITAT AQUATIQUE 33

5.0 CONCLUSION 35

REMERCIEMENTS 35

RÉFÉRENCES 36

Liste des tableaux

1. Rivières sélectionnées pour la caractérisation granulométrique des zones potentielles de fraie du saumon de l'Atlantique (Nouveau-Brunswick et Île-du-Prince-Édouard) 41

2. Différents sites échantillonnés dans le cadre de cette étude 42

3. Distribution de la grosseur des particules selon l'échelle de Wentworth (tiré de Gordon et al., 1992) 44

4. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Gulquac (N.-B.), 1998 45

5a. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Point Wolfe (N.-B.), 1997 – Sites Barr 46

5b. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Point Wolfe (N.-B.), 1997 – Sites Key 47

5c. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Point Wolfe (N.-B.), 1997 – Sites Benn 48

6. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Northwest Miramichi Nord et Sud (N.-B.), 1997 49

7a. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – ruisseau Catamaran (N.-B.), 1997 50

7b. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – ruisseau Catamaran (N.-B.), 1998 51

7c. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – ruisseau Catamaran (N.-B.), 1999 52

8. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Black (N.-B.), 1998 53

9. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Portage (N.-B.), 1998 54

10. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille - rivière Kouchibouguacis (N.-B.), 1998 54

11. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Morell (I.-P.-E.), 1997 55

12. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Morell (I.-P.-E.), 2000 56

13. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Dee (N.-B.), 1998..... 57

14. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Don (N.-B.), 1998. 58

15. Pourcentage moyen de la masse totale des trois classes granulométriques et résultats de l'analyse statistique entre les différents sites d'échantillonnage 59

16. Pourcentage moyen de la masse totale des trois classes granulométriques et résultats de l'analyse statistique entre les bassins (sites) sélectionnés à cause de la présence d'activités forestières, agricoles ou de régulation des débits et les bassins (sites) de référence 60

Liste des figures

1. Localisation des rivières échantillonnées 61

2. Zones de fraie du saumon de l'Atlantique (correspondant aux secteurs d'échantillonnage des sédiments fins) 62

3. Exemple d'organisation de l'échantillonnage en transects (Site Cat, 1997) . 63

4. Distribution de la grosseur des particules – rivière Gulquac (1998) 64

5. Distribution de la grosseur des particules – rivière Wolfe (1998)..... 65

6. Distribution de la grosseur des particules – rivière Northwest Miramichi (1998) 66

7. Distribution de la grosseur des particules – ruisseau Catamaran (1997)..... 67

8. Distribution de la grosseur des particules – ruisseau Catamaran (1998)..... 68

9. Distribution de la grosseur des particules – ruisseau Catamaran (1999)..... 69

10. Distribution de la grosseur des particules – rivière Black (1998) 70

11. Distribution de la grosseur des particules – rivière Portage (1998)..... 71

12. Distribution de la grosseur des particules – rivière Kouchibouguacis (1998)..... 72

13. Distribution de la grosseur des particules – rivière Morell (1997)..... 73

14. Distribution de la grosseur des particules – rivière Morell (2000)..... 74

15. Distribution de la grosseur des particules – rivière Dee (1998) 75

16. Distribution de la grosseur des particules – rivière Don (1998)..... 76

17. Photographie montrant le système de chenaux de drainage des champs et du réseau routier agricole à l'Île-du-Prince-Édouard 77

18. Distribution de la grosseur des particules dans les chenaux de drainage à l'Île-du-Prince-Édouard..... 78

19. Relation entre le pourcentage de particules fines (sable) et le pourcentage d'émergence du saumon Atlantique (adapté de Peterson et Metcalfe 1981). 79

Résumé

Jolicoeur, S., D. Caissie et É. Arseneau. 2007. Granulométrie du substrat de sites de fraie potentiels du saumon de l'Atlantique dans onze rivières du Nouveau-Brunswick et de l'Île-du-Prince-Édouard. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquati. 2756: 89p.

La Politique de gestion de l'habitat du poisson du ministère des Pêches et des Océans (MPO) a pour objectifs d'améliorer (gain net) l'habitat du poisson (Pêches et Océans Canada, 1986). Dans le cadre de cette politique, la seule à viser spécifiquement la protection et la sauvegarde des ressources halieutiques en rivière, le MPO a mis sur pied plusieurs projets pour essayer de caractériser de façon quantitative l'habitat et l'écosystème du poisson en général. Le but du présent rapport est de fournir des données quantitatives sur la granulométrie des sédiments de sites de fraie potentiels du saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*) dans des rivières des Provinces Maritimes.

Onze rivières et bassins versants du Nouveau-Brunswick et de l'Île-du-Prince-Édouard ont été sélectionnés en raison de leur caractère peu perturbé (conditions «naturelles») ou de la présence de certaines activités pouvant influencer la teneur du substrat en sédiments fins, soit l'agriculture, la foresterie et la régulation des débits. Le protocole d'échantillonnage a été développé afin de déterminer la variabilité spatiale de la granulométrie du substrat, à l'échelle d'un même site, des sites d'une même rivière, et entre les différentes rivières. Trois classes granulométriques ont été retenues : les gros graviers ($d > 31,5$ mm), les autres graviers ($31,5$ mm $> d > 2$ mm) et les fines ($d < 2$ mm). L'échantillonnage a eu lieu de 1997 à 2000 selon les cours d'eau, avec un échantillonneur de type McNeil, certaines rivières ayant été échantillonnées à plusieurs reprises pendant cette période. L'analyse des résultats a porté sur la moyenne, l'écart type et le coefficient de variation. Le *Duncan's Multiple Range Test* (D.M.R.) et une analyse de variance à un facteur (ANOVA) ont été appliqués.

Les résultats indiquent des différences significatives entre certains sites et certaines rivières, qu'il est possible de mettre en relation avec le cadre géologique et géomorphologique et avec la présence de certaines activités. Par exemple, les plus fortes teneurs en fines ont été observées dans des rivières de bas plateau gréseux, où la roche-mère est friable, et dans des sites adjacents à des secteurs agricoles. À l'opposé, les teneurs sont plus faibles dans les secteurs de hauts plateaux en roches de socle, les plus faibles teneurs en fines étant observées sur un site adjacent à un barrage et où l'ouverture des vannes cause régulièrement un effet de chasse. Plusieurs facteurs doivent donc être pris en compte par les gestionnaires de l'habitat, tant pour les décisions relatives à la conservation que dans l'interprétation des données quantitatives relatives au substrat des cours d'eau.

Abstract

Jolicoeur, S., D. Caissie et É. Arseneau. 2007. Granulométrie du substrat de sites de fraie potentiels du saumon de l'Atlantique dans onze rivières du Nouveau-Brunswick et de l'Île-du-Prince-Édouard. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquati. 2756: 89p.

The Department of Fisheries and Oceans (DFO) Policy for the management of fish habitat has the objective to improve (net gain) fish habitat (DFO, 1985). Within the objectives of this policy, which is the only policy that specifically focuses on the protection and improvement of riverine fisheries resources, DFO has initiated many projects to effectively quantify and characterise fish habitat and aquatic ecosystem in general. The objective of the present study is to provide quantitative data on particle size distribution within potential Atlantic salmon (*Salmo salar*) spawning areas and selected rivers within the Maritime Provinces.

Eleven rivers within the province of New Brunswick and Prince Edward Island were selected based on natural conditions (relatively undisturbed) or some level of anthropogenic activities that can influence the level of fine sediments, namely agricultural, forestry and flow regulation. A sample protocol was established in order to determine the spatial variability substrate particle size distribution within a site, within a same river and among rivers. Three substrate classes were retained for analyses: large gravel ($d > 31.5$ mm), other gravel (31.5 mm $> d > 2$ mm) and fines ($d < 2$ mm). Substrate samples were collected between 1997 and 2000 using a McNeil type sampler, with some rivers that were sampled more than once during this period. Analyses of substrate samples were carried out using the mean, standard deviation and coefficient of variation. The *Duncan's Multiple Range Test* (D.M.R.) and an analysis of variation (ANOVA) were used to discriminate between substrate sizes at different sites.

Results indicated a significant difference among certain sites and rivers, and that the geological and geomorphologic setting played a role in the particle sizes distribution along with human activities. For example, highest percentages of fines were observed in rivers within low sandstone plateau, where bedrock is friable and more easily eroded, and within sites adjacent to agricultural land. In contrast, the lowest percentages of fines were observed within highland which consisted mainly of less friable basement rocks and close to the site immediately downstream of water releases dam. Many factors need to be taken into consideration by habitat managers when dealing with the protection and conservation of fish habitat as well as effective interpretation of quantitative substrate data within rivers.

1.0 INTRODUCTION

La pêche sportive du saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*) est une activité importante dans les Provinces Maritimes. Ses retombées économiques annuelles sont d'environ 200 millions de dollars dans l'est du Canada et d'environ 50 millions de dollars au Nouveau-Brunswick (Loftus et al., 1995), où les rivières Miramichi et Restigouche, qui ont chacune une renommée mondiale pour la pêche au saumon, accueillent chaque année de nombreux visiteurs venant de partout dans le monde (Mills, 1991). L'Île-du-Prince-Édouard (I.-P.-É.) attire aussi de nombreux pêcheurs sportifs; le saumon de l'Atlantique et l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*, aussi appelée truite mouchetée) y sont les espèces de choix. La pêche sportive rapporte directement plus de 4,6 millions de dollars par année à l'économie insulaire et les dépenses directes et indirectes se chiffrent à 7 millions de dollars (Ministère des Pêches et Océans[1], 2000).

Depuis déjà plusieurs années, on note une diminution des stocks de saumon dans plusieurs rivières à saumon de l'est du Canada (Chaput et al., 2005). Dans les rivières Miramichi et Restigouche, la quantité de saumons adultes qui retournent pour frayer est insuffisante à la conservation de l'espèce depuis 1996 (Ritter, 1999). Plusieurs facteurs sont responsables de cette tendance. Par exemple, les activités forestières et agricoles peuvent affecter les caractéristiques physiques et chimiques des rivières (Welch et al., 1977; Everest et al., 1987), or la nature du substrat influence la reproduction des salmonidés. De nombreux travaux ont démontré l'impact potentiel de la foresterie et de l'agriculture sur l'habitat du saumon de l'Atlantique et les effets physiologiques que les sédiments fins peuvent avoir sur cette espèce (Caissie et Arseneau, 1999; Cunjak et al., 1999).

Un lien existe entre les concentrations de matières en suspension (MES) et la teneur en fines du substrat des rivières. Ces sédiments peuvent remplir les fosses, ce qui cause une perte d'habitat pour les poissons (Bilby, 1985 ; Lisle et Hilton, 1992). Une augmentation de 48% de la proposition de sable a été observée dans les fosses du ruisseau Hayward

[1] MPO

(Forêt Model Fundy) après la construction d'une route forestière et un ponceau (Melanson, 2000). De plus, une augmentation significative au niveau de la turbidité et les sédiments en suspension a également observée sur ce même ruisseau. Dans les cours d'eau de bassins cultivés de l'Île-du-Prince-Édouard, Welch et al. (1977) ont observé une nette diminution de la population de truite, de chabots (*Cottus* sp.) et des espèces benthiques avec l'augmentation des MES. Il y a raréfaction des jeunes saumoneaux en aval de sites où l'agriculture prédomine, ce qui s'expliquerait par l'accumulation de sédiments fins dans les habitats, attribuée aux activités agricoles. Plusieurs années auparavant, Saunders et Smith (1965) avaient également observé un impact important de la sédimentation sur les populations de l'omble de fontaine dans le ruisseau Ellerslie (I.-P.-E.). Toujours à l'I.-P.-E., le taux d'émergence de l'omble de fontaine varie de 50 à 60 % dans les ruisseaux de bassins versants où l'activité agricole est faible tandis que dans des ruisseaux de bassins où elle est plus intense, il est de ≤ 25 % (MacNeill et Curry, 1999). D'autre part, Cunjak et al. (1999) rapportent un taux d'émergence moyen ≤ 15% pour l'omble de fontaine et le saumon dans les sites affectés par les activités agricole à l'I.-P.-E. également. On a observé les mêmes effets chez les invertébrés dans des cours d'eau de Caroline du Nord, où il y a déclin marqué de la richesse taxonomique chez les groupes d'invertébrés intolérants, causé soit par l'apport de sédiments fins ou par l'apport de nutriments associés aux activités agricoles (Lenat et Crawford, 1993).

Concernant les activités forestières, la construction des chemins d'accès et de leur réseau de drainage, leur entretien et la préparation des sites de coupe seraient les sources principales de l'augmentation de la sédimentation en rivière (Beschta, 1978; Everest et al., 1987). La coupe forestière elle-même ne résulterait pas en un apport de sédiments fins aux rivières tant que les arbres ne sont pas directement abattus dans les cours d'eau. À cet égard, les lisières boisées visent justement à minimiser les impacts des activités de coupe en stabilisant le sol et les berges de part et d'autre des cours d'eau, ce qui limite l'érosion et le transfert de sédiments fins vers les rivières (Campbell et Doeg, 1989). Très peu d'études ont directement porté sur l'impact de la coupe forestière sur les populations de poissons, surtout dans l'est du Canada (Melanson, 2000). Une telle étude a été effectuée durant les années 1980 en Colombie Britannique, dans le bassin du

ruisseau Carnation, où l'on observa une augmentation de 5,7% des particules fines (sables) suite à des activités de coupe forestière (Scrivener et Brownlee, 1989). Cette même étude montra une diminution significative de la survie des œufs jusqu'à émergence dans la population de saumons.

Le développement de projets hydroélectriques et la régulation des débits peuvent aussi affecter les caractéristiques physiques des cours d'eau (Kraft, 1972), les populations de poissons (Shirvell, 1979; Mann, 1988) et les communautés d'invertébrés (Armitage, 1984; Boon, 1988). La modification du régime et de la variabilité naturelle du débit des rivières affecte l'intégrité écologique de leurs écosystèmes (Poff et al., 1997). Ceci peut notamment s'observer en aval des barrages, où l'érosion des berges et la diminution de la teneur en fines réduit la disponibilité de l'habitat pour plusieurs espèces aquatiques (Hilderbrand, 1980).

Il existe un besoin d'études portant sur de tels impacts, potentiels et observés, afin de développer et d'améliorer les politiques de gestion de l'habitat du poisson, telle la *Politique de gestion de l'habitat du poisson* mise en place par le MPO, dont les objectifs sont de protéger (aucune perte nette) et d'améliorer (gain net) l'habitat du poisson (Pêches et Océans Canada, 1986). Dans le cadre de cette politique, la seule à viser spécifiquement la protection et la sauvegarde des ressources halieutiques en rivière, le MPO a mis sur pied plusieurs projets pour essayer de caractériser de façon quantitative l'habitat et l'écosystème du poisson en général. Dans les Provinces Maritimes, certaines études ont porté sur la concentration des sédiments en suspension ou la teneur en sédiments fins (Kull, 1997 ; Robichaud, 1997 ; St-Hilaire et al., 1997, 2005 ; Caissie et Arseneau, 1999 ; Frenette, 1999 ; Arseneau, 2003 ; Jolicoeur et al., 2006), d'autres ont porté sur la relation entre les taux d'émergence et cette teneur (Welch et al., 1977 ; Peterson, 1978 ; Peterson et Metcalfe, 1981 ; Cunjak et al., 1999 ; MacNeill et al., 1999 ; Cairns, 2002).

L'objectif de ce rapport est de fournir des données quantitatives sur la granulométrie des sédiments de frayères à saumon dans des rivières des Provinces Maritimes. Nous

cherchons également à quantifier la quantité de particules fines (< 2 mm) dans les sédiments de frayères, car elles ont un impact important sur l'émergence. Les bassins versants étudiés ont été sélectionnés parce qu'on y retrouve certaines activités pouvant influencer la teneur du substrat en sédiments fins, soit l'agriculture, la foresterie et la régulation des débits.

2.0 SITES D'ÉTUDE ET MÉTHODES

2.1 SÉLECTION DES RIVIÈRES ET SITES D'ÉCHANTILLONNAGE

Les rivières ont été choisies en fonction de trois types d'activités dans les bassins versants, soit l'agriculture, la foresterie et la régulation des débits pour la production d'énergie hydroélectrique. Le protocole d'échantillonnage a été développé afin de déterminer la variabilité spatiale de la granulométrie du substrat de l'habitat du saumon de l'Atlantique dans les Provinces Maritimes, à partir d'un groupe de onze bassins-versants. Les bassins-versants retenus sont présentés dans le tableau 1.

2.1.1 Bassins sélectionnés en raison de la présence d'activités forestières

2.1.1.1 Ruisseau Catamaran

Le ruisseau Catamaran (46°52'N; 66°06'O) est un affluent de la rivière Little Southwest Miramichi (figure 1). Drainant la retombée sud-est des Hautes Terres de Miramichi, il a une longueur de 20,5 km; l'altitude de son lit varie de 330 à 70 m, pour une pente de 1,3% (Cunjak et al., 1990). Deux lacs, sept affluents et quelques marécages sont présents sur le bassin.

Ce bassin versant a été choisi parce qu'il fait l'objet d'un projet de recherche à long terme (> 15 ans) visant à déterminer les interactions qui existent entre la coupe forestière et l'habitat des salmonidés (saumon de l'Atlantique). La coupe forestière a été effectuée à l'automne 1996 et a couvert environ 4,9% de l'ensemble du bassin (blocs de coupe et routes d'accès). La caractérisation physique du ruisseau Catamaran est déjà avancée et

des séries de données à long terme sur la teneur en sédiments fins sont disponibles pour ce site (Arseneau, 2003; Cunjak et al., 1999; Frenette, 1999; Kull, 1997; Robichaud, 1997; St-Hilaire et al., 1997, 2005). Le site d'échantillonnage (Cat) comporte trois transects (figure 3) distants d'environ 5 m les uns des autres dans un secteur de pente uniforme situé approximativement 5 km en aval des secteurs de coupe. Le nombre d'échantillons par transect a été réduit de cinq à trois après une première campagne de terrain en 1997, pour des raisons logistiques, mais le volume de substrat échantillonné a été maintenu.

2.1.1.2 Rivière Black

La rivière Black (46°51'N;65°02'O) s'écoule dans la baie de Kouchibouguac (figure 1). La moitié amont du bassin se situe à l'extérieur du Parc national Kouchibouguac. Ce bas plateau est caractérisé par la présence de nombreuses tourbières. L'altitude du lit de la rivière Black varie de 30 à 15 m dans le segment étudié, qui fait 6,5 km de longueur et présente une pente de 0,8 %. On y retrouve aussi une dizaine de petits affluents intermittents. Ce cours d'eau a été choisi pour voir si les activités forestières qui ont lieu à l'extérieur du Parc ont une influence sur la teneur en sédiments fins dans la section aval du bassin. Deux sites on été échantillonnés, un à l'intérieur du Parc (Blk 1) et l'autre à l'extérieur (Blk 2).

2.1.1.3 Rivière Portage

La rivière Portage (46°93'N;65°56'O), située environ 10 km au nord de la rivière Black, prend sa source dans le Grand Mocauque Rond, au nord-ouest du Parc national Kouchibouguac, et se jette dans le golfe du Saint Laurent (figure 1). Moins du tiers de son bassin se trouve dans le Parc; on y retrouve de nombreuses tourbières, trois affluents et un lac de tourbière, Hells Gate (0,2 km^2). Dans le segment étudié, long de 11 km, l'altitude du lit de la rivière varie de 23 à moins de 8 m ; sa pente est de 0,13%. Dans la partie du bassin située à l'extérieur du Parc, des activités forestières ont lieu qui pourraient avoir un impact sur les habitats aquatiques. Pour le vérifier, un site d'échantillonnage a été sélectionné, à l'intérieur du Parc, environ 3 km en amont de l'embouchure de la rivière.

2.1.1.4 Rivière Kouchibouguacis

La plus grande partie du bassin de la rivière Kouchibouguacis (46°47'N; 65°06'O) est elle aussi à l'extérieur du Parc national Kouchibouguac (figure 1). La rivière Kouchibouguacis se jette dans la baie de Saint-Louis. Bien que plus grand, ce bassin est semblable à ceux des rivières Black et Portage, plan et tourbeux. Le long des 48 km du segment étudié, l'altitude du lit fluvial varie de 122 à 15 m, pour une pente de 0,2%. Environ 1 km en amont du site d'échantillonnage, d'importantes coupes forestières (10 km^2) ont été effectuées en 1998 (MRNE, 2003; Ami(e)s de la Kouchibouguacis, 2003). Ce site a été choisi pour déterminer si ces activités forestières contribuent à l'ajout de sédiments fins au substrat de la rivière.

2.1.2 Bassins sélectionnés en raison de la présence d'activités agricoles

2.1.2.1 Rivière Morell

La rivière Morell (46°17'N ; 62°43'O) traverse un important secteur agricole du nord-est de l'Île-du-Prince-Édouard (figure 1). Elle se jette dans la baie de St. Peters, au nord. Dans le segment étudié, l'altitude du lit de la rivière varie de 60 à 8 m; sa pente est de 0,2%. Une demi-douzaine d'affluents drainent des secteurs marécageux et des étangs situés en amont du bassin; la rivière Morell draine notamment Pisquid Pond, Mooneys Pond, Cranes Pond et Indian Marsh. Dans cette région agricole, le taux de survie des salmonidés est très faible (R. Cunjak, University of New Brunswick, comm. pers., juin 1999). Trois sites d'échantillonnage (Kenny, Cranes et Cardigan) ont été choisis en fonction de leur proximité des activités agricoles et de fossés drainant des champs. Un site de référence (Contrôle) et un quatrième site adjacent à des activités agricoles (Indian) ont été ajoutés en 2000; le site Indian a été ajouté afin de vérifier si la diminution de la pente en aval du bassin s'accompagnait d'une augmentation de la sédimentation en fines.

2.1.3 Bassins sélectionnés en raison d'une régulation des débits (production d'énergie hydro-électrique)

2.1.3.1 Rivière Dee

Le bassin versant de la rivière Dee (47°07'N; 67°00'O) se situe dans le nord-ouest du Nouveau-Brunswick, près du Mont Carleton (figure 1). La rivière Dee est un affluent de la rivière Tobique. Le segment étudié correspond aux 15 km du cours supérieur, en aval de la source de la rivière (lac Trousers, 11 km^2); l'altitude du lit y varie de 381 à 270 m et sa pente est de 1%. La rivière y reçoit huit petits affluents. Une vanne contrôle l'écoulement à l'embouchure du lac Trousers, qui sert de réservoir pour le barrage Tobique, plus de 150 km en aval. Les deux sites d'échantillonnage sont situés 200 m en aval de la vanne (Dee 2) et 500 m en amont de l'embouchure de la rivière (Dee 1).

2.1.3.2 Rivière Don

Le bassin versant de la rivière Don (47°06'N; 66°58'O) est situé juste à l'est de celui de la rivière Dee, dont elle est un affluent. Le segment étudié fait 4 km de longueur; l'altitude du lit y varie de 472 à 305 m et sa pente est de 1,3%. On retrouve deux affluents et trois lacs sur le bassin; l'exutoire du lac Long (11 km^2) est contrôlé par un système de vannes. Le site d'échantillonnage est situé 4 km en aval de ces vannes.

2.1.4 Bassins sélectionnés pour fins de référence (dont l'utilisation du sol est relativement proche de conditions «naturelles» ou peu perturbées)

2.1.4.1 Rivière Gulquac

Ce bassin versant est situé au sud-sud-ouest des rivières Dee et Don (46°57'N; 67°11'O), dont il sert de bassin de référence (situation de haut plateau en roches de socle). La rivière Gulquac est un affluent de la rivière Tobique; sur les 23 km du segment étudié, l'altitude du lit varie de 412 à 180 m et sa pente est de 0,7%. La rivière compte près d'une trentaine de petits affluents. Le bassin inclut également le lac Gulquac (2,5 km^2), dont l'embouchure est occupée par des marécages (*«Gulquac Deadwater»*).

2.1.4.2 Rivière Point Wolfe

La moitié du bassin versant de la rivière Point Wolfe (45°35'N ; 65°08'O) se situe à l'intérieur du Parc national de Fundy, dans le sud-est du Nouveau-Brunswick (figure 1). Dans la partie amont du bassin, à l'extérieur du Parc, il y a des terrains privés et publics où la coupe forestière est pratiquée. La majorité de ces terres sont intégrées au projet de la Forêt modèle de Fundy qui englobe cette région. Malgré ces activités en amont, ce bassin a tout de même été retenu comme bassin de référence parce que la plus grande partie du territoire est incluse dans le Parc national de Fundy. La rivière Point Wolfe se déverse directement dans la Baie de Chignecto. Son bassin correspond à un relief de haut plateau en roches de socle, limité par une retombée abrupte vers la baie, près de l'embouchure. À environ 2,5 km et à 3 km de la source de la rivière Point Wolfe, deux barrages consécutifs bloquent la rivière. Environ 30 affluents se déversent dans la rivière, notamment le ruisseau Bennett, qui draine le lac du même nom. Le segment étudié mesure 12 km; l'altitude du lit passe de 259 à 107 m et sa pente est de 1,05 %. Six sites ont été échantillonnés, dans le Parc national de Fundy, à la confluence du ruisseau Bennet.

2.1.4.3 Rivière Morell

Un affluent sans nom de la partie amont du bassin de la rivière Morell a été utilisé comme site de référence pour ce bassin et ce contexte topographique et géologique (bas plateau gréseux). Le site choisi (46°18'28''N; 62°39'06''O) présentait les conditions se rapprochant le plus de conditions naturelles que nous ayons pu observer dans ce secteur: on n'y retrouvait aucune activité agricole ou forestière, ou d'autres activités à proximité de la rivière qui auraient pu en influencer le régime sédimentaire naturel.

2.1.4.4 Rivière Northwest Miramichi (Nord)

La rivière Northwest Miramichi Nord (47°17'20''N; 66°20'00''O) prend sa source dans les Hautes-Terres de Miramichi et se jette dans la baie du même nom (figure 1). Dans la retombée des Hautes-Terres, les cours d'eau s'écoulent dans de profondes vallées. La rivière y compte plusieurs affluents, dont les ruisseaux Baldy, Beaver et Batemans. Le

segment étudié, situé dans la partie amont du bassin, mesure 17,3 km de longueur. L'altitude du lit de la rivière passe de 520 à 340 m, sa pente y étant de 2,4%. Ce bassin versant a été retenu comme bassin de référence à cause de son caractère forestier naturel et aussi de l'importante montaison du saumon de l'Atlantique. Le site d'échantillonnage était situé 1 km en amont d'une barrière de comptage de saumon de l'Atlantique (Ministère des Ressources naturelles).

2.1.4.5 Rivière Northwest Miramichi (Sud)

La rivière Northwest Miramichi Sud (47°16'15''N; 66°19'30''O) est un affluent de la rivière Northwest Miramichi Nord. Le segment étudié mesure 9 km et l'altitude du lit varie de 550 à 330 m; sa pente est de 1,6%. Quatre lacs de moins de 1 km² semblent être les sources principales de la rivière, qui a été choisie principalement à cause du caractère forestier naturel de son bassin. Le site d'échantillonnage se situe environ 1,5 km en amont de l'embouchure de la rivière.

2.2 PROTOCOLE D'ÉCHANTILLONNAGE

Les sites d'échantillonnage ont été sélectionnés en fonction de la présence de frayères ou de sites potentiels pour la fraie. Tous les sites étaient situés dans la partie amont de radiers car c'est à cet endroit que le saumon de l'Atlantique choisit habituellement de frayer (Mills, 1991) (figure 2). Sur chaque site, un, deux ou trois échantillons étaient récoltés, parfois organisés en transects (tableau 2). Ces transects ont été établis pour déterminer la variabilité spatiale de la granulométrie du substrat à l'intérieur d'un même site, soit en prenant différents échantillons à distance variable de la rive le long d'un seul transect, soit en considérant plusieurs de ces transects localisés à quelques mètres l'un de l'autre d'amont en aval sur un même site (figure 3).

La collecte du substrat a été réalisée à l'aide d'un échantillonneur de type McNeil. Il s'agit d'un tube d'acier de 45 cm de haut et de 20 cm de diamètre à l'intérieur duquel se trouvent trois tamis (de mailles respectives de 2 cm, 3 mm et 80 µm) distants de 4 cm les uns des autres (St-Hilaire et al., 1997). Cet appareil permet de récolter de 5 à 30 kg de substrat. Chaque échantillon était pris à une profondeur de 20 à 30 cm dans le lit de la

rivière et l'analyse du gros substrat (> 31,5 mm) était effectuée sur le terrain. Les sédiments de diamètre inférieur à 31,5 mm étaient transportés au laboratoire pour être séchés puis tamisés.

2.3 ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

Le tamisage des particules de plus de 31,5 mm de diamètre (gravier très grossier, galets et blocs) a été fait sur le terrain, à l'aide de tamis de mailles de 100 mm, 45 mm et 31,5 mm. Le reste de l'échantillon (d < 31,5 mm) a été analysé en laboratoire.

Au laboratoire chaque échantillon était transféré dans des contenants pour le faire sécher pendant 1 à 2 semaines. La plupart des échantillons ne contenant que très peu de matière organique, celle-ci n'a pas été détruite. Un tamisage à sec du substrat a été réalisé à l'aide d'une tamiseuse électrique Fritsch Analysette 3E. Des tamis de 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 500 µm, 250 µm, 125 µm, 63 µm, et de 38 µm ont été utilisés, c'est-à-dire suivant l'échelle de Wentworth (tableau 3).

2.4 TRAITEMENT STATISTIQUE

Le traitement des données a été effectué selon les classes granulométriques suivantes : gravier très grossier, d ≥ 31,5 mm ; autres tailles de gravier, d = 2-31,4 mm ; fines[2] d < 2 mm (St-Hilaire et al., 1996 ; Caissie et Arseneau, 2002). Pour établir et isoler les éventuelles relations/différences qui existent entre les variables mesurées (granulométrie, présence ou absence d'activités forestières, agricoles ou de régulation des débits), la moyenne, l'écart type et le coefficient de variation ont été retenus. Le calcul de la moyenne a été utilisé pour regrouper les valeurs d'une classe granulométrique. L'écart type a permis de déterminer la variabilité des différentes classes granulométriques autour de la moyenne. Le coefficient de variation (CV) a

[2] Désignées sous le nom de «sable» dans la suite du texte.

permis de déterminer la dispersion relative qui existe autour de la moyenne tout en comparant différents sites.

Pour déterminer les moyennes significativement différentes et pour vérifier quelle variable est susceptible d'expliquer cette variabilité, le *Duncan's Multiple Range Test* (D.M.R.) et une analyse de variance à un facteur (ANOVA) ont été retenus. Les facteurs ANOVA paramétriques et non-paramétriques ont été utilisés lors de l'analyse (SAS Institute Inc.)[3]. Nous avons comparé la teneur en très gros gravier, en autres tailles de gravier et en fines des échantillons d'un même site entre eux, puis celle des sites d'un même cours d'eau entre eux, puis celle des différents cours d'eau entre eux. Nous avons aussi comparé tous les sites d'échantillonnage entre eux, toutes rivières confondues.

3.0 RÉSULTATS

La granulométrie du substrat des sites de référence sera d'abord présentée (section 3.1), suivie de celle des sites potentiellement perturbés par les activités forestières, agricoles, ou par la régulation des débits (sections 3.2, 3.3 et 3.4). L'analyse de la variation spatiale de la granulométrie des sites suivra (section 3.5).

3.1 GRANULOMETRIE DU SUBSTRAT DES SITES DE REFERENCE

3.1.1 Rivière Gulquac

22,9 kg de substrat ont été récoltés dans cette rivière (tableau 4). Le gravier très grossier domine le substrat du site Gul (57,0 %), suivi des autres tailles de gravier (37,9%) et des sables (5,1 %). La figure 4a montre la distribution de la grosseur des particules, qui est dominée par la fraction 45-100 mm. Bien que la granulométrie des deux échantillons présente une distribution bimodale centrée sur les tamis de 45 mm et de 16 mm, un des échantillons (pris en amont – Gul B) est moins grossier (44,4% de gravier très grossier et

[3] Nous ne discuterons que de l'analyse paramétrique dans cette étude, les deux types de facteurs donnant de mêmes résultats.

7,8% de sable) que l'autre (69,6% de gravier très grossier et 2,4% de sable) ; les coefficients de variation (CV) pour ce site sont de 0,31 (gravier très grossier), 0,37 (autres graviers) et 0,75 (sable). La quantité de sable au site Gulquac est très faible (3,8%) (figure 4b).

3.1.2 Rivière Point Wolfe

318,2 kg de substrat ont été récoltés dans cette rivière ; 111,2 kg dans les sites Barr, 107,0 kg dans les sites Key et 100,0 kg dans les sites Benn (tableaux 5a, 5b et 5c).

Aux sites Barr (Barr 1, Barr 2 et Barr 3) le gravier très grossier représente plus de 50% du substrat échantillonné, comparativement à 44,7% pour les autres graviers et 4,5% pour le sable (tableau 5a). Plus spécifiquement, quatre échantillons sur sept sont dominés par le gravier très grossier, tandis qu'aux sites Barr 1A, 1B et 2B, ce sont les autres tailles de gravier qui dominent, avec des pourcentages respectifs de 63,2%, 55,7% et 60,1 %. Les sables constituent 1,5% (Barr 1C) à 10,2% (Barr 2B) des échantillons. Les données moyennes totales pour les sites Barr montrent que le coefficient de variation de la teneur en sable est élevé (0,76) comparativement à ceux du gravier très grossier (0,33) et des autres graviers (0,32) (tableau 5a).

Comme au site précédent, plus de 50% (52,6%) du substrat échantillonné aux sites Key correspond à du gravier très grossier, suivis des autres tailles de gravier (42,3%) et du sable (5,1%) (tableau 5b). Sur sept échantillons, seulement deux sont dominés par le petit, moyen et gros gravier, soit Key 1A (54,6%) et Key 1B (57,3%). La teneur en sable varie de 3,6% à 7,1% pour l'ensemble des sites Key. La variabilité est faible pour toutes les classes de substrat, allant de 0,20 pour le gravier très grossier à 0,28 pour le sable (tableau 5b).

Aux sites Benn aussi le gravier très grossier domine avec près de 60% de l'échantillonnage total (tableau 5c). Les sept échantillons sont dominés par cette classe granulométrique (49% - 70,1%). Les sables constituent environ 5,5% de l'échantillon,

ce qui est comparable aux autres sites, i.e., Barr et Key. Au site Benn 1, la variabilité des teneurs en gravier très grossier et en autres graviers est faible (0,08), tandis qu'elle est plus élevée chez les sables (0,39). C'est le contraire au site Benn 2 et 3 (échantillons Benn 2), où la teneur en sables montre une variabilité plus faible (0,05) comparativement au gravier très grossier (0,12) et aux autres tailles de gravier (0,22). Si l'on prend l'ensemble des sites Benn toutefois, comme aux sites Barr et Key la teneur en sable est plus variable (0,30) que celle du gravier très grossier (0,14) et des autres graviers (0,21) (tableau 5c).

La taille des particules des sites Barr 1 et Barr 2 et 3 se répartit selon une distribution bimodale centrée sur les tamis de 45 mm (i.e. 45–100 mm) et de 16 mm (16-31,5 mm) (figures 5a et 5b). Cette même distribution est moins prononcée aux sites Key et Benn, où la fraction 45-100 mm constitue tout de même une part appréciable de certains échantillons, plus particulièrement aux sites Key (> 40%) (figure 5d). Bref, le substrat de l'ensemble des sites de la rivière Point Wolfe est dominé par le gravier très grossier (>50%), surtout aux sites Benn, tandis que le sable n'y constitue que 4,5 à 5,5% du substrat (figure 5g).

3.1.3 Rivière Northwest Miramichi (Nord et Sud)

43 kg de substrat ont été échantillonnés dans ces deux sites (tableau 6). Les petits, moyens et gros graviers dominent (46,8%), suivis du gravier très grossier (39,7%) et du sable (13,4%). Deux des trois échantillons sont toutefois dominés par le gravier très grossier (Br. Nord A, 47,3%, et Br. Sud, 50,8%). La teneur en sable est faible au site Br. Nord A (6,1%) comparativement aux sites Br. Nord B (19,4%) et Br. Sud A (14,9%). Le CV diminue des sables (0,50) au gravier très grossier (0,41) puis aux autres tailles de gravier (0,27) (tableau 6).

Les échantillons Br. Nord A et Br. Sud présentent une distribution bimodale centrée sur les tamis de 45 mm et de 16 mm (figure 6a). L'échantillon Br. Nord B montre aussi une

distribution bimodale, centrée sur les tamis de 16 mm et de 0,5 mm. Comme pour la rivière Point Wolfe, la fraction 45-100 mm constitue un fort pourcentage du substrat (>35% dans l'échantillon Br. Nord A).

Le substrat des deux rivières (i.e. Nord et Sud) est dominé par des classes granulométriques différentes (figure 6b). Celui de la rivière Northwest Miramichi Nord est dominé par les petits, moyens et gros graviers (> 50%), tandis que celui de la Northwest Miramichi Sud est dominé par le gravier très grossier (> 50%). Cette différence est notable sur le terrain. Le substrat des deux rivières est toutefois semblable quant à la teneur en sable (< 15%).

3.2 GRANULOMETRIE DU SUBSTRAT DES SITES ADJACENTS A DES ACTIVITES FORESTIERES

3.2.1 Ruisseau Catamaran

Les résultats de l'échantillonnage réalisé dans cette rivière seront présentés pour chacune des années de terrain, soit 1997, 1998 et 1999.

3.2.1.1 Échantillonnage de 1997

98,1 kg de substrat ont été échantillonnés (tableau 7a). Sur un total de 15 échantillons, seulement trois sont dominés par le gravier très grossier (Cat 1 @ 4m ; 8 m ; 10 m) tandis que les 12 autres sont dominés par les autres tailles de gravier. Les pourcentages moyens totaux montrent bien la dominance des petits, moyens et gros graviers avec 49,4% de l'échantillonnage correspondant à cette classe, suivis du gravier très grossier (37,2%) et du sable (13,4%). La teneur en sable varie de 7% (Cat 2 @ 2m) à 18% (Cat 1 @ 8m). Les moyennes par site indiquent que le transect Cat 1 a la plus forte teneur en sable (15%), suivi des transects Cat 2 (12,7%) et Cat 3 (12,6%). Ces résultats indiquent aussi une similitude de la quantité de sable échantillonnée sur différents transects. Au transect Cat 1 le coefficient de variation (CV) est plus faible chez les petits, moyens et

gros graviers et chez les sables (0,15). Le transect Cat 2 montre une plus grande variabilité de la teneur en gravier très grossier (0,28) et en sable (0,30). Au transect Cat 3, la variabilité est moindre : 0,20 pour le gravier très grossier, 0,17 pour le sable et 0,13 chez les autres tailles de graviers. Dans l'ensemble du site Cat, la variabilité est toutefois relativement faible pour toutes les tailles de particules, avec des valeurs du CV de 0,23 (gravier très grossier), 0,13 (autres graviers) et 0,21 (sable) (tableau 7a).

La distribution des particules du substrat du site Cat est semblable (figures 7a, 7b et 7c) : tous les échantillons montrent une distribution bimodale centrée sur les tamis de 45 mm et de 16 mm, sauf Cat 2 @ 4m et 6m et Cat 3 @ 4m, où elle est centrée sur ceux de 45 mm et de 8 mm (figures 7b et 7c). Comme dans le cas des échantillons de la rivière Point Wolfe, la fraction 45-100 mm constitue un fort pourcentage du substrat (> 35%), notamment dans les échantillons Cat 1 @ 4m, Cat 2 @ 2m et Cat 3 @ 4m (figures 7a, 7b et 7c). En somme, dans le ruisseau Catamaran en 1997, les petits, moyens et gros graviers dominaient avec > 45% du pourcentage total, suivis du gravier très grossier (< 40%) ; la teneur en sable était en général inférieure à 15% (i.e., 12,6-15% ; figure 7d).

Suite à ce premier échantillonnage dans le bassin du ruisseau Catamaran, il a été décidé de diminuer le nombre d'échantillons de cinq à trois sur chacun des transects et de recueillir des échantillons plus gros. En effet, l'échantillonnage de 1998 correspondait à 130,5 kg comparativement à 98,1 kg pour celui de 1997. Il ne semblait pas nécessaire non plus de récolter autant (cinq) d'échantillons le long des transects pour bien représenter la composition granulométrique du site.

3.2.1.2 Échantillonnage de 1998

130,5 kg de matériaux ont été échantillonnés (tableau 7b). La moyenne totale des trois transects indique que les petits, moyens et gros graviers (44,2%) et le gravier très grossier (43,7%) dominent, le sable constituant 12,1% de l'échantillonnage total. Trois des quatre échantillons dominés par le gravier très grossier proviennent du site Cat 2. Dans l'ensemble, la teneur en sable est de moins de 16%, variant de 9,1% (Cat2@2m) à 15,8% (Cat 1@2 & 6m). Les transects Cat 1 et Cat 2 montrent de faibles coefficients de

variation (0,05-0,12) pour les trois classes granulométriques (tableau 7b) ; pour le sable, les CV sont de 0,05 (Cat 1), 0,11 (Cat 2) et 0,17 (Cat 3). Sur l'ensemble du site, c'est la teneur en sable qui montre le moins de variabilité avec un CV de 0,17 (contre 0,21 pour le gravier très grossier et 0,20 pour les autres tailles de gravier).

La distribution granulométrique est semblable aux valeurs de 1997. Une distribution bimodale centrée sur les tamis de 45 mm et de 16 mm est encore présente dans tous les transects, sauf dans l'échantillon Cat 2@6m, où elle est centrée sur les tamis de 100 mm et de 16 mm (figures 8a, 8b et 8c). Un fort pourcentage (≥ 35%) des échantillons Cat 2@2m, Cat 2@10m et Cat 3@4m correspond à la fraction 45-100 mm. À partir de huit mm et vers les tailles plus fines, une décroissance des teneurs est observée dans tous les échantillons. Les transects Cat 1 et Cat 2 incluent des particules de plus de 100 mm de diamètre en 1998 alors qu'ils n'en contenaient pas en 1997. Globalement, le transect Cat 2 se distingue des deux autres, le gravier très grossier y dominant (> 50%) alors que les petits, moyens et gros graviers dominent le substrat des transects Cat 1 (49,3%) et Cat 3 (46,7%) (figure 8d). La teneur en sable est plus faible au transect Cat 2 (9,9%) ; suivent Cat 3 (12,1%) et Cat 1(15,3%).

3.2.1.3. Échantillonnage de 1999

92,8 kg de substrat ont été récoltés (tableau 7c). Six des neuf échantillons sont dominés par les petits, moyens et gros graviers (35,3% - 57,3%). La moyenne totale est de 48,3% pour cette classe, de 39,3% pour le gravier très grossier et de 12,5% pour le sable. Les trois échantillons qui sont dominés par le gravier très grossier proviennent des transects Cat 1 (Cat 1@2m et Cat1@6m) et Cat 3 (Cat3@8m), avec des teneurs respectives de 50,4%, 50,2% et 53,9%. La teneur en sable varie de 9,2% (Cat 3@4m) à 19,2% (Cat 2@10m); elle montre la plus faible variabilité au transect Cat 3 (0,08), suivi des transects Cat 2 (0,18) et Cat 1 (0,24). Sur l'ensemble du site, c'est la teneur en petits, moyens et gros graviers qui est la moins variable (0,17) suivie de celles en gravier très grossier (0,27) et en sable (0,28) (tableau 7c).

La distribution des particules est semblable aux deux années précédentes (figures 9a, 9b et 9c), la majorité des échantillons montrant une distribution bimodale centrée sur les tamis de 45mm et de 16 mm, sauf l'échantillon Cat 3@8m, où elle est centrée sur les tamis de 100 mm et de 16 mm. Deux exceptions: les échantillons Cat 2@2m et Cat 3@4m présentent des distributions sigmoïdales centrées sur le tamis de 16 mm (figures 9b et 9c). De façon générale on observe une diminution graduelle du pourcentage correspondant aux fractions granulométriques à partir du tamis de 16 mm (vers les tailles fines). Globalement, les petits, moyens et gros graviers dominent le site(> 45%), suivis du gravier très grossier (31-44%) et du sable (< 17%) (figure 9d).

3.2.2 Rivière Black

51 kg de substrat ont été échantillonnés dans cette rivière (tableau 8). Le gravier très grossier domine le substrat (48,9%), suivi des autres tailles de gravier (39,8%) et du sable (11,3%). Trois des cinq échantillons sont dominés par le gravier très grossier (> 50%). La teneur en sable varie de 7,6% (Blk 2A) à 18% (Blk 2C). Le coefficient de variation (CV) des sables du site Blk 1 est inférieur (0,21) à celui du site Blk 2 (0,53). La variabilité de la teneur en gravier très grossier et en autres tailles de gravier est semblable dans les sites Blk (0,15 à 0,19), sauf pour les petits, moyens et gros graviers au site Blk 2 (0,08). Les CV calculés pour l'ensemble des sites Black indiquent aussi que la variabilité des deux classes de gravier est semblable (0,21 et 0,22) ; elle est plus élevée pour le sable (0,39) (tableau 8).

En ce qui concerne la distribution des particules, l'échantillon Blk 1A montre une distribution descendante à partir du tamis de 45 mm (figure 10a) alors que l'échantillon Blk 1B montre une distribution bimodale centrée sur les tamis de 45 mm et de 16 mm. Un fort pourcentage des particules correspond à la fraction 45-100 mm (> 50% en Blk 1B et > 25% en Blk 1A). Au site Blk 2, les échantillons Blk 2A et 2B montrent une distribution bimodale centrée sur les tamis de 45 mm et de 16 mm, tandis que

l'échantillon Blk 2C montre une distribution trimodale centrée sur les tamis de 45 mm, 16 mm et de 0,25 mm (figure 10b). Ce dernier site (Blk 2C) possédait aussi une plus grande quantité de sable. Le site Blk 1 est dominé par le gravier très grossier (57,1%), suivi des autres tailles de gravier (31,3%) et des sables (11,6%), tandis qu'au site Blk 2, petits, moyens et gros graviers (45,4%) et gravier très grossier (43,5%) sont co-dominants, suivis par les sables (11,1%) (figure 10c). Malgré cette différence quant aux fractions grossières, les pourcentages moyens de sable sont donc semblables dans les deux sites (11,6% et 11,1%).

3.2.3 Rivière Portage

38 kg de substrat ont été échantillonnés dans cette rivière (tableau 9). Le gravier très grossier domine (39,5%), suivi des autres tailles de gravier (34,8%) et du sable (25,8%). Seul le substrat du site Port C est en fait dominé par le gravier très grossier (63,2%). La teneur en sable des échantillons montre des écarts importants, allant de 12,1% (Port C) à 38,2% (Port A). Les coefficients de variation (CV) indiquent une forte variabilité de la teneur en gravier très grossier (0,54) et en sable (0,51) ; le CV est de 0,25 pour la teneur en autres tailles de gravier.

Les trois échantillons montrent une distribution granulométrique trimodale centrée sur les tamis de 45 mm, 16 mm et 0,25 mm (figure 11a). Lorsque la quantité de sable est grande, cette distribution granulométrique trimodale est plus prononcée au niveau des particules fines (tamis de 0,25 mm). Les échantillons récoltés dans cette rivière se distinguent de tous les autres sites par l'importance des fractions 0,25-0,5 mm (sable moyen) et 0,5-1 mm (sable grossier). Par exemple, l'échantillon Port A montre des pourcentages supérieurs à 10% pour les tamis de 0,5 mm et de 0,25 mm. Ces valeurs sont très élevées considérant que pour les autres cours d'eau étudiés les pourcentages sont généralement inférieurs à 5%. Dans l'ensemble de ces sites, le gravier très grossier domine le substrat avec près de 40%, suivi des autres tailles de gravier (35%) et du sable (> 25%) (figure 11b).

3.2.4 Rivière Kouchibouguacis

34,1 kg de substrat ont été récoltés dans cette rivière (tableau 10). Le gravier très grossier domine ces trois sites (47,8%), suivi des autres tailles de gravier (37,3%) et du sable (14,9%). Tous les échantillons sont dominés par le gravier très grossier (46% à 49%). La teneur en sable varie de 13,2% (Kouch A) à 17,5% (Kouch B). Les coefficients de variation (CV) calculés pour toutes les classes indiquent très peu de variabilité entre les échantillons, particulièrement pour la teneur en petits, moyens et gros graviers (0,01) et en gravier très grossier (0,04) (tableau 10).

L'échantillon Kouch A montre une distribution bimodale centrée sur les tamis de 45 mm et de 0,5 mm tandis que les échantillons Kouch B et C montrent chacun une distribution trimodale centrée sur les tamis de 45 mm, 16 mm et 0,5 mm (figure 12a). Comme pour plusieurs des autres sites, un important pourcentage (> 30%) des particules se retrouve dans la fraction 45-100 mm et ce, pour l'ensemble du site Kouch. Dans l'ensemble de ces sites, le gravier très grossier domine, suivi des autres tailles de gravier et du sable (figure 12b).

3.3 GRANULOMETRIE DU SUBSTRAT DES SITES ADJACENTS A DES ACTIVITES AGRICOLES

3.3.1 Rivière Morell

3.3.1.1 Échantillonnage de 1997

74,3 kg de substrat ont été récoltés dans cette rivière (tableau 11). Les petits, moyens et gros graviers dominent le substrat (48,9%), suivis des sables (33,3%) et du gravier très grossier (17,8%); comparativement aux autres rivières, les sables sont très abondants. Deux des neuf échantillons sont même dominés par les sables, soit Kenny A (57,7%) et Kenny B (50,9%). Les sept autres sont dominés par les petits, moyens et gros graviers (41,3% - 60,1%). Au site Cardigan, la teneur en sable varie de 34% à plus de 36%; elle

est moins élevée au site Cranes (≈18%). Les coefficients de variations (CV) de chacun des sites indiquent que la teneur en gravier très grossier est la plus variable (0,14 à 1,29). Aux sites Kenny et Cranes ce sont les autres tailles de gravier qui montrent le moins de variabilité (0,05 et 0,08) alors qu'au site Cardigan c'est la teneur en sable (0,04), suivie de celles en petits, moyens et gros graviers (0,15) et en gravier très grossier (0,65). Pour l'ensemble des trois sites, les CV indiquent que la teneur en petits, moyens et gros graviers est la moins variable (0,14) suivie de celle du sable (0,43) et finalement de celle du gravier très grossier (0,68) (tableau 11).

Les échantillons Kenny A, Kenny B, Cardigan A et Cardigan C présentent une distribution granulométrique bimodale centrée sur les tamis de 8 mm et de 0,25 mm (figures 13a et 13b). La fraction 0,25-0,5 mm (sable moyen) y constitue une proportion très élevée des échantillons (> 25%). L'échantillon Kenny C présente une distribution bimodale centrée sur les tamis de 16 mm et de 0,25 mm. Par contre, l'échantillon Cardigan B présente une distribution trimodale centrée sur les tamis de 45 mm, de 8 mm et de 0,25 mm. Au site Crane, on observe une distribution bimodale avec des modes centrés sur les tamis de 16 mm et de 0,25 mm (Cranes B et Cranes C, figure 13c) ou sur les tamis de 16 mm et 0,5 mm (Cranes A). Dans ce site, la fraction supérieure à 16 mm constitue une part importante des échantillons (>15%). La teneur en petits, moyens et gros graviers varie de 42,2% à 53,1% dans les trois sites, contre 11,9 à 28,5% pour le gravier très grossier. La comparaison des trois sites échantillonnés dans la rivière Morell permet de distinguer le site Kenny, qui est constitué à plus de 45% par du sable, contre 35,6% (Cardigan) et 18,3% (Cranes) ailleurs (figure 13d).

3.3.1.2 Échantillonnage de 2000

109 kg de substrat ont été échantillonnés dans cinq sites de la rivière Morell en 2000, incluant un site en conditions non perturbées (tableaux 2 et 12).

Dans l'ensemble des sites, ce sont les petits, moyens et gros graviers qui dominent le substrat (47,7%) suivis du gravier très grossier (28,4%) et du sable (24%) (tableau 12).

Plus spécifiquement, sur un total de 10 échantillons, sept sont dominés par les petits, moyens et gros graviers contre trois qui le sont par le gravier très grossier.

Au site Kenny, les petits, moyens et gros graviers dominent (> 50%) (tableau 12). Comme en 1997, le sable est abondant (> 34%). Les coefficients de variations (CV) calculés pour l'ensemble du site indiquent très peu de variabilité de la teneur en petits, moyens et gros graviers et en sable (0,03) ; celui du gravier très grossier est de 0,19.

Au site Cardigan, le gravier très grossier domine (42,6%), suivi des autres tailles de gravier (35,6%) et du sable (21,9%) (tableau 12). Le CV de la teneur en sable indique une très faible variabilité (0,06).

Le gravier très grossier domine le substrat du site Cranes (41,5%), suivi des autres tailles de gravier (39%) et du sable (19,6%) (tableau 12). L'échantillon Cranes A est toutefois dominé par les petits, moyens et gros graviers (43,7%) et la teneur en sable y est plus élevée (23,9%) que dans l'échantillon Cranes B (15,28%). Les CV montrent que la variabilité de la teneur en petits, moyens et gros graviers est plus faible (0,17) que celle du gravier très grossier et du sable (0,31).

Au site Indian, les petits, moyens et gros graviers dominent le substrat (52,1%), suivis du sable (26,8%) et du gravier très grossier (21,2%) (tableau 12). Comme le site Kenny, ce site montre un fort pourcentage de sable ; par exemple, les échantillons Indian A et Indian B montrent des pourcentages respectifs de 23,3% et de 30,2%. Les CV indiquent une faible variabilité de la teneur en gravier très grossier (0,03) et en autres tailles de gravier (0,08) ; le CV des sables est de 0,18.

Au site Contrôle (site de référence), les petits, moyens et gros graviers constituent 59,2% du substrat, suivis du gravier très grossier (24,2%) et du sable (16,6%) (tableau 12). L'échantillon Contrôle A est le plus riche en petits, moyens et gros graviers de ce bassin (61,9%) et le moins riche en sable (16,6%). À noter que le site Contrôle peut quand même comporter une quantité importante de sable, tel qu'on peut l'observer au site

Contrôle B (20,0%). Les CV calculés pour ce site indiquent que la variabilité de la teneur des deux classes de gravier est très faible (0,04 et 0,06 pour le gravier très grossier et pour les autres tailles de gravier, respectivement) ; celle de la teneur en sable est de 0,29.

Tous les échantillons du bassin de la rivière Morell présentent une distribution granulométrique bimodale (cas des échantillons des sites Contrôle et Cardigan) ou trimodale (cas des échantillons du site Indian). Les échantillons Kenny A et Contrôle B montrent une distribution granulométrique bimodale centrée sur les tamis de 16 mm et de 0,25 mm (figures 14a et 14e). Les échantillons du site Cardigan et l'échantillon Cranes B montrent aussi une distribution bimodale, centrée sur les tamis de 45 mm et de 0,25 mm (figures 14b et 14c). L'échantillon Contrôle A montre une distribution bimodale centrée sur les tamis de 8 mm et de 0,25 mm. Les échantillons Kenny B et Cranes A présentent plutôt une distribution trimodale centrée sur les tamis de 45 mm, 16 mm et de 0,5 mm (figures 14a et 14c). L'échantillon Kenny B est particulièrement riche en sédiments fins (fraction 0,5-1 mm, sable grossier, > 25%). Au site Indian, les échantillons présentent une distribution trimodale centrés sur les tamis de 45 mm, 16 mm et de 0,25 mm (figure 14d).

Bref, trois sites sur cinq sont dominés par les petits, moyens et gros graviers (i.e. Kenny, Indian, Contrôle) alors que les deux autres sont dominés par le gravier très grossier (i.e. Cardigan, Cranes) (figure 14f). En comparaison avec les autres rivières, la teneur en sable du substrat de la rivière Morell est très élevée, surtout au site Kenny (35%) ; dans ce bassin, la plus faible teneur en sable a été observée au site Contrôle (16%). En fait, à l'exception de ce dernier site, la teneur en sable était ici partout supérieure à 19% en 2000.

3.4 GRANULOMETRIE DU SUBSTRAT DES SITES SOUMIS A UNE REGULATION DES DEBITS

3.4.1 Rivière Dee

39,2 kg de substrat ont été récoltés (tableau 13). Le gravier très grossier domine le substrat (> 55%), suivi des autres tailles de gravier (40,2%) et du sable (4,1%). Trois des échantillons sont dominés par le gravier très grossier (Dee 1A, 2A et 2B) et un par les autres tailles de gravier (Dee 1B). Le substrat du site Dee 2A est particulièrement grossier (> 77% de gravier très grossier, contre 37% à 55% dans les autres échantillons). L'échantillon Dee 2A montre aussi très peu de sable (0,3%, contre 2,6% à 7,6% ailleurs). Le coefficient de variation (CV) pour les sables est d'ailleurs plus élevé au site Dee 2 (1,12) qu'au site Dee 1 (0,18) ; de même pour les petits, moyens et gros graviers, (0,47 au site Dee 2 contre 0,25 au site Dee 1). Les CV totaux calculés pour l'ensemble des sites Dee montrent que la teneur en sable est plus variable (0,8) que la teneur en graviers (0,3) (tableau 13).

Le substrat des deux sites présente une distribution granulométrique bimodale centrée sur les tamis de 45 mm et de 16 mm (figures 15a et 15b). On observe une diminution graduelle des teneurs en tailles plus fines, à partir du tamis de 8 mm. La fraction 45-100 mm représente une forte proportion du sédiment : près de 70% dans l'échantillon Dee 2A (figure 15b). Les deux classes de gravier co-dominent le substrat du site Dee 1 alors que le gravier très grossier domine celui du site Dee 2 (65%), suivi des autres tailles de gravier (33%) (figure 15c). Les deux sites se distinguent quant à la teneur en sable : celui-ci compte pour 6,7% du substrat au site Dee 1 mais ne constitue que 1,5% de celui du site Dee 2.

3.4.2 Rivière Don

17,7 kg de substrat ont été récoltés dans cette rivière (tableau 14). Les petits, moyens et gros graviers dominent le substrat (> 50%), suivis du gravier très grossier (42,8%) et du

sable (6,5%) (figure 16b). Les coefficients de variation (CV) montrent très peu de variabilité de la teneur en gravier très grossier et en autres tailles de gravier (valeurs respectives de 0,03 et de 0,02) ; le CV du sable est de 0,37.

Deux types de distribution granulométrique ont été observés au site Don. L'échantillon Don A présente une distribution sigmoïdale centrée sur le tamis de 31,5 mm, tandis que l'échantillon Don B présente une distribution bimodale centrée sur les tamis de 45 mm et de 16 mm (figure 16a). À partir de 8 mm et vers les classes plus fines, on observe une diminution des teneurs dans les deux échantillons. Les fractions 31,5-45 mm et 16-31,5 mm (gravier grossier) sont particulièrement importantes dans ces deux sites ; elles constituent chacune plus de 25% de l'échantillon Don A.

3.5 ANALYSE DE LA VARIATION SPATIALE DE LA GRANULOMETRIE DU SUBSTRAT DES RIVIERES

Afin de vérifier la représentativité des données recueillies, la variabilité de la granulométrie du substrat à l'échelle d'un même site a été vérifiée; le ruisseau Catamaran a été retenu pour cette étude (section 3.5.1). La variabilité de la granulométrie a ensuite été étudiée à l'échelle d'une même rivière (section 3.5.2). Ces étapes réalisées, la comparaison du substrat des différentes rivières a suivi (section 3.5.3). Le *Duncan's Multiple Range Test* (D.M.R.) a été utilisé afin de déterminer les différences existant entre les sites. Dans l'utilisation du test de regroupement de Duncan, les sites partageant les mêmes lettres ne montrent pas de différences significatives.

3.5.1 Variation spatiale de la granulométrie du substrat à l'échelle des sites

Les échantillons du site Cat (ruisseau Catamaran) ont servi à cette étude. Pour être en mesure de voir s'il y a une différence significative à l'échelle d'un même transect, 9 (1998 et 1999) à 15 (1997) échantillons ont été récoltés sur une section de ruisseau d'environ 10 mètres de longueur et de 13 m de largeur (tableau 2, figure 3). Selon l'analyse statistique, il n'y a pas de différence significative quant à la teneur en gravier

très grossier, en autres tailles de gravier et en sable (< 2mm) des différents échantillons à l'intérieur de et entre chacun des trois transects du ruisseau Catamaran (tableau 15). En effet, chaque transect partage au moins une lettre en commun (de A à G). Ces transects montrent également une proportion similaire de chaque catégorie de substrat.

3.5.2 Variation spatiale de la granulométrie du substrat à l'échelle des rivières (entre les sites d'une même rivière)

Cette analyse concerne les rivières où plusieurs sites ont été échantillonnés, soit les rivières Point Wolfe (sites Barr, Key et Benn), Tobique (sites Gul, Dee, Don) et Morell (sites Kenny, Cardigan, Cranes, Indian et Contrôle). La section 3.5.1 a déjà montré que le substrat des trois transects du site du ruisseau Catamaran ne montrait pas de différence statistique.

La granulométrie du substrat des différents sites de la rivière Point Wolfe ne montre aucune différence statistique, de même celle des sites de chacun des affluents de la rivière Tobique (tableau 15). Par exemple, il n'existe aucune différence significative de la teneur en petits, moyens et gros graviers entre les sites de la rivière Point Wolfe, qui varie de 35,3% (Benn) à 44% (Barr). Les sites de chacun de ces bassins ne montrent aucune différence significative entre eux quant à la teneur en sable non plus. Les sites de la rivière Dee font toutefois exception : il y a une différence importante mais non-significative ($p < 0,066$) de la teneur en sable du site Dee 2, situé 200 m en aval des vannes du Lac Trousers, face à celle du site Dee 1 (situé plus de 4 km en aval). Un pourcentage moyen de 1,5% au site Dee 2 indique une très faible quantité de sable par rapport à la valeur moyenne du site Dee 1 (6,7%, tableau 13).

À l'inverse des bassins du ruisseau Catamaran, de la rivière Point Wolfe et des affluents de la rivière Tobique, les sites de la rivière Morell montrent des différences significatives de la teneur en gravier très grossier et en sable (tableau 15). C'est dans

cette rivière que l'on observe le plus de variabilité de la granulométrie du substrat, en particulier chez les sables. La teneur en gravier très grossier ne montre pas de différences significative parmi les sites, sauf pour le site Kenny (12,1%) qui est différent du site Cranes (33,7%). Parmi les autres tailles de gravier, aucune différence n'a été notée. La teneur en sable montre par contre une très grande variabilité, les valeurs extrêmes étant de 16,6% (Contrôle) et 41,5% (Kenny). Le site Contrôle possède un pourcentage de sable significativement plus faible que les autres sites, sauf le site Cranes. Le site Kenny possède la teneur en sable la plus élevée parmi les sites de la rivière Morell.

Bref, l'étude de la variation spatiale de la granulométrie du substrat à l'échelle d'une même rivière montre que seuls les sites du bassin de référence (Point Wolfe) ne présentent pas de différence significative quant à la granulométrie du substrat. Dans les autres bassins, où des activités forestières, agricoles ou de régulation des débits se produisent, lorsqu'elles sont présentes les différences significatives concernent la teneur en gravier très grossier ou en sable.

3.5.3 Comparaison de la granulométrie du substrat des différentes rivières

Le substrat des onze rivières a été échantillonné dans 19 sites pendant les quatre années de cette étude.

3.5.3.1 Comparaison de tous les sites confondus

L'analyse paramétrique et non-paramétrique[4] de l'ensemble des sites des différents cours d'eau (tous sites et toutes rivières confondues) montre qu'il existe entre eux des différences significatives de la teneur en gravier très grossier ($p < 0,0001$), en autres tailles de gravier ($p < 0,0359$) et en sable ($p < 0,0001$) (tableau 15). Ces résultats montrent :

[4] Nous avons choisi de ne présenter que les résultats de l'analyse paramétrique dans le tableau 15 car l'analyse non-paramétrique donnait des résultats semblables.

(1) que la teneur du substrat en gravier très grossier ne montre pas de différence significative parmi les transects du site du ruisseau Catamaran et des sites des rivières Northwest Miramichi Sud, Black, Portage, Kouchibouguacis, Dee, Don, Gulquac et Point Wolfe (sites Barr, Key et Benn). Face à ce groupe, le substrat des sites des rivières Northwest Miramichi Nord et Morell présente des teneurs plus faibles, le site Kenny (r. Morell) présentant la valeur la plus faible (12,1%);

(2) que la teneur en autres tailles de gravier ne montre pas de différences nettes entre les sites, par exemple au-delà de l'opposition entre les deux sites de la rivière Northwest Miramichi;

(3) que la teneur des sables permet de distinguer quatre sites particulièrement riches en fines : le site Kenny (r. Morell), nettement plus sableux que tous les autres (41,5%), puis les sites Cardigan (r. Morell), Indian (r. Morell) et Port (r. Portage).

3.5.3.2 Comparaison des différentes rivières

L'analyse paramétrique et non-paramétrique[5] des sites des différents cours d'eau (sites regroupés par rivières) montre qu'il existe entre eux des différences significatives de la teneur en gravier très grossier ($p < 0,0001$), en autres tailles de gravier ($p < 0,0104$) et en sable ($p < 0,0001$) (tableau 16). Les résultats sont présentés par groupes de bassins selon le type d'activité présent. Ils montrent :

(1) que la teneur en gravier très grossier ne permet pas d'opposer les groupes de bassins mais que le substrat de la rivière Morell est significativement moins riche en gravier très grossier (23,4%) que celui des rivières Dee et Don (51,4%);

(2) que la teneur en autres tailles de gravier ne permet pas d'opposer les groupes de bassins, mais que le substrat des rivières Portage et Kouchibouguacis est significativement moins riche en petit, moyen et gros gravier (34,8 et 37,3% respectivement) que celui de la rivière Northwest Miramichi Nord (53,1%) ;

(3) que la teneur en sable permet d'opposer deux rivières à toutes les autres : le substrat des rivières Morell (28,4%) et Portage (25,8%) est significativement

[5] Nous avons choisi de ne présenter que les résultats de l'analyse paramétrique dans le tableau 15 car l'analyse non-paramétrique donnait des résultats semblables.

plus riche en sable que celui des autres rivières échantillonnées. Les pourcentages moyens de sable y sont presque le double de ceux du ruisseau Catamaran (12,8%) et des rivières Kouchibouguacis (14,9%), Black (11,3%) et Northwest Miramichi Sud (15%) et Nord (12,7%). Le rapport passe à 4 pour 1 face au substrat des rivières Gulquac et Point Wolfe (5,1%) et des rivières Dee et Don (4,9%).

4.0 DISCUSSION

La sédimentation de particules fines (< 2 mm) peut jouer un rôle déterminant sur la qualité de l'habitat des salmonidés (Peterson, 1978 ; Peterson et Metcalfe, 1981 ; Cunjak et al., 1999). Différents facteurs naturels et relevant de l'utilisation des terres peuvent influencer cette sédimentation et devraient donc être pris en compte dans la gestion de l'habitat (Cairns, 2002). Pourtant, peu de données sont disponibles sur la granulométrie du substrat des rivières des Provinces Maritimes. Nos résultats, portant sur onze rivières et sur des sites de fraie connus ou potentiels, permettent en partie de combler cette carence. Ils montrent que la teneur en sable du substrat de certains de ces sites est faible alors qu'elle est très élevée dans d'autres (tableau 15). La comparaison des différentes rivières indique par ailleurs que si les activités humaines présentes dans les bassins semblent influencer la teneur en fines, le contexte géomorphologique et géologique des bassins intervient sans doute aussi, ce qui exige un examen des résultats qui tienne compte de ce dernier facteur (tableau 1).

4.1 LES BASSINS DE BAS PLATEAUX GRÉSEUX

Les rivières Black, Portage, Kouchibouguacis et Morell sont toutes situées dans les basses terres à substratum gréseux d'âge permo-carbonifère des Maritimes (Bostock, 1970 ; Lynch et Deblonde, 1997 ; St. Peter et al., 1997). Des activités forestières ont lieu dans les trois premiers bassins alors que le dernier a été choisi à cause de l'importance des activités agricoles. Le site de référence pour ce groupe de bassins (bas plateau gréseux) est le site Contrôle (r. Morell), où la teneur en sable est de 16,6% (tableau 15).

Deux rivières de ce groupe se démarquent nettement par la teneur moyenne en sable de leur substrat: dans les sites adjacents à des activités humaines des rivières Morell et Portage, cette valeur est de 29,8% et de 25,8% respectivement. Cette même valeur varie de 4,9% à 14,9% dans les autres sites adjacents à de telles activités, tout type de bassins confondus (tableau 16). Selon l'analyse statistique, le substrat de la rivière Morell est significativement plus riche en sable (groupe «A») que celui des autres rivières échantillonnées, à l'exception justement de la rivière Portage (groupe «AB») (tableau 16).

Dans les autres rivières de bas plateaux gréseux, la teneur moyenne en sable du substrat est de 11,3% (r. Black) et 14,9% (r. Kouchibouguacis), en dessous de la valeur observée au site de référence (site Contrôle, 16,6%) (tableau 16). Dans les bassins sélectionnés pour étudier l'impact éventuel des activités forestières sur la granulométrie du substrat, nos données de terrain ne nous permettent pas d'isoler le facteur responsable de l'écart existant entre le site Port et les sites Blk et Kouch. Il pourrait s'agir tant des pratiques forestières adoptées dans les différents bassins que des conditions d'affleurement du substrat gréseux ou des formations meubles, ou encore d'un autre facteur. Quoi qu'il en soit, le substrat des sites Blk et Kouch montre une teneur en sable proche de ce qui est observé en conditions «naturelles» au site Contrôle (r. Morell) alors qu'au site Port elle est bien supérieure.

Dans le bassin sélectionné pour étudier l'impact éventuel des activités agricoles sur la granulométrie du substrat (r. Morell), on peut aussi observer une forte variabilité de la teneur en sable entre les sites (tableau 15). Le site de référence (Contrôle) est celui où la teneur en sable est la plus faible (16,6%) et le site Cranes s'en approche (18,8%). Par contre, dans les autres sites localisés à proximité des activités agricoles le substrat est nettement plus riche en sable, ce que nous interprétons comme l'évidence d'un impact des activités agricoles sur la granulométrie du substrat. La teneur en sable des sites Indian (26,8%) et Cardigan (30,1%) est significativement différente (groupe «B») de celle du site Contrôle (groupe «D»), le site Kenny étant lui-même significativement différent de tous les autres (41,5%, groupe «A»). En fait le site Kenny est celui qui

présente la teneur moyenne en sable la plus élevée de cette étude. Quand on tient compte des sites de ce bassin qui sont adjacents à des secteurs agricoles (Kenny, Cardigan, Cranes, Indian), le substrat de la rivière Morell présente la plus forte teneur moyenne en sable de toutes les rivières échantillonnées (29,8%) (tableau 16).

Au-delà de la seule teneur en sable, la distribution granulométrique des particules du substrat permet aussi de distinguer les rivières en bas plateau gréseux. L'analyse granulométrique a montré que les distributions bimodales et trimodales sont courantes dans le substrat des rivières échantillonnées (section 3). Par contre, mis à part les échantillons Br. Nord B (r. Northwest Miramichi), Blk 2 C (r. Black), Port (r. Portage), Kouch (r. Kouchibouguacis) et tous les échantillons de la rivière Morell (Contrôle, Kenny, Cardigan, Cranes, Indian), les modes correspondent toujours à des tailles de gravier. À l'exception de l'échantillon Br. Nord B, seules des rivières situées en bas plateau gréseux montrent une distribution plurimodale dont un des modes correspond au sable moyen (0,25 mm) ou grossier (0,5 mm) (figures 10, 11, 12, 13 et 14). La composition géologique du substrat et des formations meubles qui lui sont associés est probablement un des facteurs responsables de cette situation mais nos observations de terrain indiquent aussi le rôle de l'utilisation des terres.

À l'Île-du-Prince-Édouard, bien que le système de chenaux de drainage des champs et du réseau routier agricole doive être aménagé de façon à éviter les transferts sédimentaires directs vers les cours d'eau, une partie du ruissellement est acheminé vers les cours d'eau par ces chenaux lors des pluies intenses ou prolongées (Burney et Edwards, 1994). En amont du site Cardigan, de tels chenaux sont interrompus par des bassins de sédimentation visant à éviter ces transferts (figure 17). Une analyse granulométrique des sédiments accumulés dans un de ces chenaux a été effectuée en 2000 : il ne s'agit que de fines, dominées par les sables fins et moyens (figure 18). Il est probable qu'une partie de ces sédiments puisse atteindre la rivière adjacente dans certaines conditions hydrologiques et contribuer à la fraction sableuse du substrat du site Cardigan, dominée par les sables moyens et grossiers (figure 14). Si c'est le cas, au-delà de la nature du substrat et des pratiques agricoles, l'aménagement des terres agricoles

pourrait donc aussi jouer un rôle dans la sédimentation en rivière et la qualité de l'habitat des salmonidés.

Sans pouvoir déterminer la part relative des différents facteurs dans l'explication des teneurs en sable observées, il est donc possible de noter que :

(1) c'est dans le substratum sédimentaire permo-carbonifère, relativement friable et constituant donc naturellement une source potentielle de sable, que les rivières dont le substrat est le plus riche en sable se retrouvent (r. Portage et Morell). C'est aussi le site de référence de ce groupe de bassins qui présente la plus forte teneur en sable parmi les sites en conditions naturelles (16,6%), bien que la différence ne soit pas significative face aux sites de la rivière Northwest Miramichi (12,7 et 14,9%), en roches de socle (tableau 15).

(2) à l'intérieur du bassin de la rivière Morell, trois des quatre sites localisés à proximité d'activités agricoles (Indian, Cardigan, Kenny) présentent une teneur en sable significativement plus élevée que celle du site de référence (Contrôle) (tableau 15). Ces résultats semblent indiquer un impact des activités agricoles sur la sédimentation des fines en rivière ; au site Cardigan, l'aménagement du système de drainage des terres et des routes semble directement responsable d'une partie des fortes valeurs observées.

4.2 LES BASSINS DE PLATEAUX EN ROCHES DE SOCLE

4.2.1 Secteurs de bas plateaux

Il s'agit ici des bassins de la rivière Northwest Miramichi et du ruisseau Catamaran, le premier représentant des conditions proches des conditions naturelles et le second correspondant à un bassin soumis à des activités forestières.

Les teneurs moyennes de chacun des trois sites ne sont pas significativement différentes selon l'analyse statistique (tableau 15). Elles varient de 11,8% (site Cat 3) à 14,9 % (site Northwest Miramichi Sud). L'absence de différence significative tant entre le site du bassin du ruisseau Catamaran et les sites de référence semble confirmer qu'à l'échelle du bassin et du ruisseau principal, l'impact des activités forestières ayant eu lieu entre l'été de 1995 et l'automne de 1996 (ouverture des chemins de coupe et coupes elles-mêmes) est faible. Des études sur le régime hydrologique et sur les concentrations de sédiments en suspension avaient d'ailleurs montré que les impacts détectables semblent limités aux secteurs les plus affectés par les opérations forestières (Caissie et al., 2002, Jolicoeur et al., 2007). Il faut ajouter à cela la localisation du site Cat, cinq kilomètres en aval des secteurs de coupe.

4.2.2 Secteurs de hauts plateaux

Il s'agit des bassins des rivières Gulquac, Point Wolfe, Dee et Don, les deux premiers représentant des conditions proches des conditions naturelles et les deux autres correspondant à des affluents de la rivière Tobique soumis à une régulation des débits.

Les teneurs moyennes de chacun des sites, qu'ils soient de référence ou soumis à la régulation des débits, ne sont pas significativement différentes (tableau 15). Par contre ce qui ressort très nettement c'est que la teneur moyenne en sable de ces sites est nettement plus faible que celle de tous les autres sites : la teneur en sable au site de la rivière Dee est la plus faible de toute cette étude. Pour une raison ou une autre (faible épaisseur des formations meubles ?), les bassins des rivières Tobique et Point Wolfe se distinguent sur ce plan. Par ailleurs, lorsque l'on considère séparément les deux sites Dee plutôt que de prendre leur teneur moyenne en sable, le site Dee 2, situé 200 m à l'aval des vannes du barrage se distingue nettement des sites Dee 1 et Don, situés plusieurs kilomètres plus loin des barrages. En effet, la teneur en sable du substrat au site Dee 2 n'est que de 1,5%, contre 6,7% et 6,5% aux sites Dee 1 et Don, respectivement (tableaux 13 et 14). Cette valeur est la plus faible de tous les sites de cette étude, ce que nous interprétons comme l'évidence d'un effet de chasse lors des forts débits observés

pendant l'ouverture des vannes. L'échantillonnage réalisé semble indiquer un impact sur la teneur en sable du substrat, au moins dans les quelques centaines de mètres en aval des vannes ; quelques kilomètres plus loin, les valeurs observées ne sont pas significativement différentes des sites de référence.

4.3 IMPACT DES SEDIMENTS FINS SUR L'HABITAT AQUATIQUE

Il est important de bien comprendre l'importance de la granulométrie du substrat, et particulièrement de la teneur en sédiments fins, pour l'habitat aquatique. D'après Waters (1995) la sédimentation peut influencer l'habitat aquatique de différentes façons, tant les invertébrés benthiques que les poissons, ou encore les œufs durant la période d'incubation. Le saumon de l'Atlantique est particulièrement sensible à la sédimentation et la quantité de sédiments fins dans les frayères peut grandement influencer la survie des œufs.

L'influence des sédiments fins sur la survie des œufs du saumon a fait l'objet d'une étude par Peterson et Metcalfe (1981) : ils ont clairement démontré que les particules de diamètre inférieur à 2,2 mm ont un impact important sur les taux d'émergence. Dans leur étude, deux classes de sable ont été considérées, soit le sable fin (0,06-0,5 mm) et le sable grossier (0,5-2,2 mm). Leurs résultats montrent qu'une trop grande quantité de sable peut causer une émergence prématurée des œufs des saumons de l'Atlantique. Cette notion d'émergence prématurée en raison de la teneur en sable élevée avait aussi été observée chez l'omble de fontaine par Hausle et Coble (1976). La teneur en sable peut non seulement avoir un impact sur la durée de l'incubation (moment de l'émergence), mais aussi sur le succès de l'émergence. Par exemple, Peterson et Metcalfe (1981) démontrèrent que lorsque le pourcentage de sable fin est inférieur à 8% et que celui de sable grossier est de moins de 16%, le taux d'émergence n'est généralement pas influencé et est normalement supérieur à 80%. D'autre part, lorsque la teneur en sable fin est supérieure à 12 % et que le sable grossier constitue plus de 24% du substrat, le taux d'émergence est réduit à moins de 15%. Une telle teneur totale en particules fines (sable fin et grossier), soit 36% du substrat, correspond à un taux

d'émergence grandement réduit. Cette même étude a aussi démontré que l'existence d'un écoulement ascendant (eaux souterraines, par exemple) dans le substrat peut légèrement améliorer les taux d'émergence.

D'une façon générale, l'étude de Peterson et Metcalfe (1981) a montré que le sable fin a un impact plus important sur l'émergence que le sable grossier (figure 19), et qu'afin d'avoir des taux d'émergence acceptables la valeur totale des deux classes de sable doit généralement représenter moins de 20 à 30% du substrat. Lorsque le sable fin constitue environ 15 à 20% du substrat le taux d'émergence diminue rapidement, d'environ 85% à 0%. Pour de mêmes teneurs mais en sable grossier, la diminution rapide du taux d'émergence atteint de 25 à 35% (figure 19).

Dans le contexte des rivières étudiées dans notre étude, nos résultats démontrent que le substrat de certaines rivières des Provinces Maritimes présente des teneurs en sédiments fins assez faibles : selon les conclusions des travaux mentionnés ci-haut, aucun impact sur la fraie ne devrait y être observé. Par exemple, les sites de la rivière Point Wolfe et de la rivière Tobique ont tous des teneurs en sable inférieures à 7%. Bien sûr, dans le cas des sites les plus près des barrages du bassin de la rivière Tobique, d'autres impacts significatifs associés aux «effets de chasse» sont susceptibles d'affecter les habitats aquatiques. D'autres rivières présentent des valeurs «intermédiaires» quant à la teneur en sédiments fins, notamment les rivières du bassin versant de la Miramichi (ruisseau Catamaran et riv. Northwest Miramichi), les teneurs y étant inférieures à 15%. Dans ces rivières, si un impact est présent on devrait s'attendre à ce qu'il soit faible dans la mesure où ces quantités de sable n'augmenteront pas de façon significative dans le futur. Enfin, un troisième groupe de rivières montre des teneurs en sédiments fins plus élevées, tel que les rivières Portage et Morell. Dans ces rivières la quantité de sable est assez élevée pour causer un impact important (> 30%), surtout aux sites Kenny (41,5%) et Cardigan (30,1%). Dans une telle situation, des études comme celle de Peterson et Metcalfe (1981) montrent que la survie des œufs de saumons sera sans doute très faible en moyenne (< 10%).

5.0 CONCLUSION

L'objectif de ce rapport était de fournir des données quantitatives sur la granulométrie des sédiments de frayères à saumon dans des rivières des Provinces Maritimes. Les bassins versants étudiés ont été sélectionnés parce qu'on y retrouve certaines activités pouvant influencer la teneur du substrat en sédiments fins, soit l'agriculture, la foresterie et la régulation des débits. Les résultats ont montré une forte variabilité de la teneur en sable du substrat. Cette variabilité semble non seulement fonction de la présence ou de l'absence de ces activités, de même que du type d'activités, mais aussi de la composition du substrat géologique des bassins. C'est dans les bassins de bas plateaux gréseux que les valeurs moyennes les plus élevées ont été observées, tant au site de référence (Contrôle, r. Morell, 16,6%) que dans des sites adjacents à des activités forestières (Port, r. Portage, 25,8%) et agricoles (Kenny, Cardigan, Cranes et Indian, r. Morell, 29,8%). C'est dans les bassins de hauts plateaux en roches de socle que les valeurs les plus faibles ont été observées, tant aux sites de référence (Gulquac, r. Tobique, et r. Point Wolfe, 5,1%) qu'aux sites affectés par la régulation des débits (Dee, Don, r. Tobique, 4,9%). Le Dee 2, situé 200 m en aval d'un barrage, présente la teneur en fines la plus faible de tous les sites échantillonnés (1,5%), ce qui est probablement à mettre en rapport avec l'effet de chasse associé aux forts débits observés lors de l'ouverture des vannes.

Les résultats rapportés dans ce rapport soulignent l'importance de tenir compte de nombreux facteurs dans la gestion de l'habitat des salmonidés. Dans les Provinces Maritimes, des facteurs naturels (contexte géomorphologique et géologique) de même que l'utilisation des terres et certaines activités semblent déterminer la composition granulométrique du substrat le long des cours d'eau, ce qui influence probablement la qualité des habitats aquatiques.

REMERCIEMENTS

Les auteurs de ce travail tiennent à remercier les personnes qui ont fourni de l'aide durant cette recherche, notamment durant l'analyse granulométrique, de même qu'I. Frenette et T. Melanson pour leurs commentaires lors de la révisons du rapport.

RÉFÉRENCES

Acornley, R.M., et D.A. Sear. 1999. Sediment transport and siltation of brown trout (*Salmo trutta L.*) spawning gravels in Chalk streams. Hydrological Processes 13 : 447-458.

Arseneau, É. 2004. Caractérisation des sédiments fins dans neuf cours d'eau des Provinces Maritimes en fonction de l'utilisation des terres. Mémoire de maîtrise, Études de l'environnement, Université de Moncton, 141 p.

Bostock, H.S. 1970. Physiographic regions of Canada. Map 1254A. Commission géologique du Canada, Ottawa.

Cairns, D.(Éditeur). 2002. Effects of land use practices on fish, shellfish, and their habitats on Prince Edward Island. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 2408. 157 pages.

Caissie, D. 1999a. Hydrological conditions for Atlantic salmon rivers in the Maritime provinces in 1997. DFO Canadian Stock Assessment Secretariat Research Document, 99/188 : 34 p.

Caissie, D. 1999b. Hydrological conditions for Atlantic salmon rivers in the Maritime provinces in 1998. DFO Canadian Stock Assessment Secretariat Research Document, 99/189 : 30 p.

Caissie, D. 2000. Hydrological conditions for Atlantic salmon rivers in 1999. DFO Canadian Stock Assessment Secretariat Research Document, 2000/011 : 29 p.

Caissie, D. 2001. Hydrological conditions for Atlantic salmon rivers in 2000. DFO Canadian Stock Assessment Secretariat Research Document, 2001/010 : 24 p.

Caissie, D. et É. Arseneau. 1999. Substrate composition in the Morell River and other Maritime Province rivers : Potential implications for Atlantic salmon fry emergence. In Effects of Land Use Practices on Fish, Shellfish, and their Habitats on Prince Edward Island, Cairns D.K. (ed.). Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 2402; 26-34.

Chaput, G., C.M. Legault, D.G. Reddin, F. Caron et P.G. Amiro. 2005. Provision of catch advice taking account of non-stationarity in productivity of Atlantic salmon (Salmo salar L.) in the northwest Atlantic. ICES Journal of Marine Science 62: 131-143.

Cunjak, R.A., D. Caissie et N. El-Jabi., 1990. The Catamaran Brook Habitat Research Project: Description and general design of study. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. No. 1751, 14 p.

Cunjak, R.A., D. Guignion, R.B. Angus, et R.A. MacFarlane., 1999. Survival of eggs and alevins of Atlantic salmon and brook trout in relation to fine sediment deposition. In Effects of Land Use Practices on Fish, Shellfish, and their Habitats on Prince Edward Island, Cairns D.K. (ed.). Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 2402; 82-91.

Everest, F.H., R.L. Beschta, J.C. Scrivner, K.V. Koski, J.R. Sedell, et J. Cederholm., 1987. Fine sediment and salmonid production: a paradox. In Salo, E. et T. Cundy (editeurs): Streamside Management: Forestry and Fishery Interactions, pp. 98-142.

Frenette, I. 1999. Impacts des activités forestières sur les habitats aquatiques : le cas des matières en suspension dans le bassin du ruisseau Catamaran (Nouveau-Brunswick). Thèse de maîtrise en études de l'environnement, Université de Moncton, Nouveau-Brunswick, 171 p.

Jolicoeur, S., D. Caissie, I. Frenette, P. Hardie et M. Bouchard., 2006. Suspended sediment concentration in relation to forestry operations in Catamaran Brook and its tributaries (Canada). River Research & Applications 23: 141-154.

Kull, S. J. 1997. The effects of forest harvesting activities on suspended sediment loading in two streams in the Catamaran Brook watershed, New Brunswick. B.Sc. Forestry thesis, University of New Brunswick, Fredericton, 40 p.

Lotspeich, F.B., et F.H. Everest. 1981. A new method for reporting and interpreting textural composition of spawning gravel. Forestry Sciences Laboratory, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, Corvallis, Oregon, 9 p.

Lynch, G., et C. Deblonde. 1997. Geological compilation, central Nova Scotia and Prince Edward Island. Dossier public 3484. Commission géologique du Canada, Ottawa.

MacNeill, W.S., et R.A. Curry. 1999. Brook trout (*Salvelinus fontinalis*) survival to emergence in relation to sediment in Prince Edward Island streams. Workshop on effects of land use practices on fish, shellfish and their habitats on Prince Edward Island, 5 p.

Melanson, T. 2000. L'effet des coupes forestière dans les zones riveraines sur l'habitat et l'abondance de l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis, Mitchill*) dans les ruisseaux Hayward et Holmes. Thèse (M. Sc. Biologie), Université de Moncton, 91p.

Mills, D. 1991. Ecology and management of Atlantic salmon. Chipman and Hall, Londres, 351 p.

Ministère des Pêches et des Océans. 1986. Politique de gestion de l'habitat du poisson du ministère des Pêches et des Océans. Direction générale des communications, Ministère des Pêches et des Océans. Ottawa, 28 p.

Ministère des Pêches et des Océans. 1988. Rapport annuel du ministère des Pêches et des Océans pour l'exercice se terminant le 31 mars 1987. Direction générale des communications, Ministère des Pêches et des Océans. Ottawa, 20 p.

Ministère des Pêches et des Océans. 2000. Effets des habitudes d'utilisation des terres sur les poissons et les mollusques ainsi que sur leurs habitats à l'Île-du-Prince-Édouard. MPO Maritimes, Rapport régional sur l'état de l'habitat 2000/1F, 20 p.

O'Connor, W.C.K., et T.E. Andrew. 1998. The effects of siltation on Atlantic Salmon, *Salmo salar L.*, embryos in the River Bush. Fisheries Management and Ecology 5 : 393-401.

Peterson, R.H. 1978. Physical characteristics of Atlantic salmon spawning gravel in some New Brunswick streams. Fisheries and Marine Service Technical Report No. 785, 28 p.

Peterson, R.H., et J.L. Metcalfe. 1981. Emergence of Atlantic salmon fry from gravels of varying composition: a laboratory study. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. No. 1020, 15 p.

Poff, N.L., J.D. Allan, M.B. Bain, J.R. Karr, K.L. Prestegaard, B.D. Richter, R.E. Sparks et J.C. Stomberg. 1997. The natural flow regime. BioScience 47(11): 769-784.

Ritter, J. 1999. Atlantic salmon Maritime Provinces overview for 1998. DFO Science Stock Status Report D3-14, 30 p.

St-Hilaire, A., D. Caissie, R.A. Cunjak, et G. Bourgeois. 1997. Spatial and temporal characterization of suspended sediments and substrate composition in Catamaran Brook, New Brunswick. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. 2165, 31 p.

St-Hilaire, A., D. Caissie, R.A. Cunjak et G. Bourgeois., 2005. Streambed sediment composition and deposition in a forested stream: spatial and temporal analysis. River Research & Applications, 21: 883-898.

St. Peter, C., S.C. Johnson C. Deblonde et G. Lynch, 1997. Geological compilation, West central Nova Scotia, southeastern New Brunswick, and western Prince Edward Island. Dossier public 3521. Commission géologique du Canada, Ottawa.

Welch, H.E., P.E.K. Symons et D.W. Narver. 1977. Some effects of potato farming and forest clearcutting on New Brunswick streams. Fisheries & Marine Service Technical Report No. 745, 13 p.

Tableau 1. Rivières sélectionnées pour la caractérisation granulométrique des secteurs potentiels de fraie du saumon de l'Atlantique (Nouveau-Brunswick et Île-du-Prince-Édouard).

Bassin versants (superficie[a])	Nombre de sites	Province	Activité	Contexte géologique
Ruisseau Catamaran (52 km^2)	1	N.-B.	Foresterie	plateau, socle
Riv. Black (54 km^2)	2	N.-B.	Foresterie	bas plateau, grès
Riv. Portage (56 km^2)	1	N.-B.	Foresterie	bas plateau, grès
Riv. Kouchibouguacis (310 km^2)	1	N.-B.	Foresterie	bas plateau, grès
Riv. Morell (148 km^2)	4	I.-P.-É.	Agriculture	bas plateau, grès
Riv. Dee (181 km^2)	2	N.-B.	Régulation du débit	haut plateau, socle
Riv. Don (101 km^2)	1	N.-B.	Régulation du débit	haut plateau, socle
Riv. Gulquac (155 km^2)	1	N.-B.	Bassin de référence	haut plateau, socle
Riv. Point Wolfe (108 km^2)	6	N.-B.	Bassin de référence	haut plateau, socle
Riv. Morell (148 km^2)	1	I.-P.-É.	Bassin de référence	bas plateau, grès
Riv. NW Miramichi Nord (91 km^2)	1	N.-B.	Bassin de référence	plateau, socle
Riv. NW Miramichi Sud (50 km^2)	1	N.-B.	Bassin de référence	plateau, socle

[a] Superficie de la partie du bassin versant située en amont des sites d'échantillonnage.

Tableau 2. Différents sites échantillonnés dans le cadre de cette étude

Bassin versants	Sites	Largeur de la rivière (m)	Transects	Nombre d'échantillons	Distance à la rive droite (m)
Foresterie					
Ruisseau Catamaran	Cat	13	1	5 (1997) ; 3 (1998, 1999)	4 6 8 10 12 ; 4 8 12
		12	2	5 (1997) ; 3 (1998, 1999)	2 4 6 8 10 ; 2 6 10
Rivière Black	Blk 1	10	non	2 (1998)	4 6
	Blk 2	10	1	2 (1998) ; 1[a] (1998)	5,5 7,7 ; 5,7
Rivière Portage	Port	10,65	1	3 (1998)	2,1 4,1 7,6
Rivière Kouchibouguacis	Kouch	32	non	3[b] (1998)	25,0 25,5 25,3
Agriculture					
Rivière Morell	Kenny	10	1	2 (1997) ; 1[c] (1997)	8 9 ; 3
	Kenny	10	non	2[d] (2000)	1,3 2,7
	Cardigan	7	non	3 (1997)	2,2 3,1 5,1
	Cardigan	7	non	2[e] (2000)	2,2 2,8
	Cranes	5,7	1	3 (1997)	1,5 3 4,5
	Cranes	5,7	non	2[f] (2000)	0,4 1,7
	Indian	13	non	2[g] (2000)	6,5 7
Régulation des débits					
Rivière Dee	Dee 1	23,1	non	2[h] (1998)	18,6 20,3
	Dee 2	12,5	non	2[i] (1998)	1,6 4
Rivière Don	Don	7,5	non	2[j] (1998)	2 6,1

[a] Un échantillon isolé a aussi été récolté un mètre en amont du transect ; [b] Les trois échantillons ont été pris sur une distance de 22 m d'amont en aval; le premier en amont d'un banc de gravier dans le lit, les deux autres à droite de ce même banc ; [c] Un échantillon isolé a aussi été récolté 2 m en aval du transect ; [d] Les deux échantillons ont été pris à 0,25 m de distance d'amont en aval ; [e] Les deux échantillons ont été pris à 0,2 m de distance d'amont en aval ; [f] Les deux échantillons ont été pris à 0,3 m de distance d'amont en aval ; [g] Les deux échantillons ont été pris à 1,3 m de distance d'amont en aval ; [h] Les deux échantillons ont été pris à 14,8 m de distance d'amont en aval ; [i] Les deux échantillons ont été pris à 3,6 m de distance d'amont en aval ; [j] Les deux échantillons ont été pris à 11 m de distance d'amont en aval.

Tableau 2. Différents sites échantillonnés dans le cadre de cette étude (suite)

Bassin-versants	Sites	Largeur de la rivière (m)	Transects	Nombre d'échantillons	Distance à la rive droite (m)
Conditions « naturelles » (bassins de référence)					
Rivière Gulquac	Gul	21	non	2[a] (1998)	15,2 16
Rivière Point Wolfe	Barr 1	11	non	3[b] (1997)	3,5 5 8
	Barr 2 et 3	12	1	2 (1997) ; 2[c] (1997)	4 8 3 (-2, sur la rive)
	Key 1	12	non	3[d] (1997)	2 6 8
	Key 2 et 3	17	non	4[e] (1997)	(-2) 3 4 5,5
	Benn 1	12	1	2 (1997) ; 1[f] (1997)	3 8 8
	Benn 2 et 3	11	non	4[g] (1997)	(-2) 3 6 9
Rivière Morell	Contrôle	3	non	2[h] (2000)	1,5 1,5
Riv. NW Miramichi Nord	Br. Nord	19,5	non	2[i] (1998)	4 11
Riv. NW Miramichi Sud	Br. Sud	13,8	non	1	5

[a] Les deux échantillons ont été pris à 43 m de distance d'amont en aval ; [b] Les trois échantillons ont été récoltés sur une distance de 5 m d'amont en aval ; [c] Deux échantillons isolés ont aussi été récoltés, le premier 2 m en amont du transect, le second sur la berge droite, à 2 m de la rive, 2 m en aval du transect ; [d] Les trois échantillons ont été récoltés sur une distance de 3 m d'amont en aval ; [e] Le premier échantillon a été récolté sur la berge droite, à 2 m de la rive; les trois autres échantillons ont été récoltés sur une distance de 4 m d'amont en aval ; [f] Un échantillon isolé a aussi été récolté 4 m en aval du transect ; [g] Le premier échantillon a été récolté sur la berge droite, à 2 m de la rive; les trois autres échantillons ont été récoltés sur une distance de 7 m d'amont en aval ; [h] Les deux échantillons ont été pris à 1,4 m de distance d'amont en aval ; [i] Les deux échantillons ont été pris à un mètre de distance d'amont en aval.

Tableau 3. Distribution de la grosseur des particules selon l'échelle de Wentworth (tiré de Gordon et al., 1992).

Classes granulométriques	Diamètre (mm)
Très gros blocs	2048-4096
Gros blocs	1024-2048
Moyen blocs	512-1024
Petits blocs	256-512
Gros galets	128-256
Petits galets	64-128
Gravier très grossier	32-64
Gravier grossier	16-32
Gravier moyens	8-16
Petit gravier	4-8
Très petit gravier	2-4
Sable très grossier	1-2
Sable grossier	0,5-1
Sable moyen	0,25-0,5
Sable fin	0,125-0,25
Sable très fin	0,0625-0,125
Limon grossier	0,0312-0,0625
Limon moyen	0,0156-0,0625
Limon fin	0,0078-0,0156
Limon très fin	0,0039-0,0078
Argile grossière	0,0020-0,0039
Argile moyenne	0,0010-0,0020
Argile fine	0,0005-0,0010
Argile très fine	0,00024-0,0005

Tableau 4. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Gulquac (N.-B.), 1998.

Échantillon	Gravier très grossier (%)	Autres graviers (%)	Sable (%)	Poids (kg)
Gul (amont)	44,4	47,8	7,8	10,0
Gul (aval)	69,6	28,0	2,4	12,9
Moyenne	57,0	37,9	5,1	
Écart type	17,8	14,0	3,8	
CV	0,31	0,37	0,75	
Poids total				22,9

Tableau 5a. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Point Wolfe (N.-B.), 1997 – Sites Barr.

Échantillon	Gravier très grossier (%)	Autres graviers (%)	Sable (%)	Poids (kg)
Barr 1A	29,0	63,2	7,8	5,9
Barr 1B	42,0	55,7	2,3	6,7
Barr 1C	68,4	30,1	1,5	26,6
Moyenne	46,4	49,7	3,9	
Écart type	20,1	17,3	3,4	
CV	0,43	0,35	0,88	
Poids total				39,2
Barr 2A	67,1	31,8	1,1	6,7
Barr 2B	29,8	60,1	10,2	7,0
Barr 2C	58,7	36,3	5,0	29,1
Moyenne	51,8	42,8	5,4	
Écart type	19,6	15,2	4,6	
CV	0,38	0,35	0,84	
Poids total				42,8
Barr 3A	61,0	35,4	3,6	29,2
Moyenne totale	50,8	44,7	4,5	
Écart type total	17,0	14,3	3,4	
CV total	0,33	0,32	0,76	
Poids total				111,2

Tableau 5b. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Point Wolfe (N.-B.), 1997 – Sites Key.

Échantillon	Gravier très grossier (%)	Autres graviers (%)	Sable (%)	Poids (kg)
Key 1A	39,4	54,6	6,0	9,3
Key 1B	36,1	57,3	6,6	7,6
Key 1C	59,8	36,5	3,7	26,4
Moyenne	45,1	49,5	5,4	
Écart type	12,8	11,3	1,5	
CV	0,28	0,23	0,28	
Poids total				43,3
Key 2A	61,6	34,8	3,6	8,6
Key 2B	55,5	37,4	7,1	7,6
Key 2C	55,9	39,5	4,5	23,4
Moyenne	57,7	37,2	5,1	
Écart type	3,4	2,4	1,8	
CV	0,06	0,06	0,35	
Poids total				39,6
Key 3A	60,1	35,6	4,3	24,1
Moyenne totale	52,6	42,3	5,1	
Écart type total	10,5	9,5	1,4	
CV total	0,20	0,23	0,28	
Poids total				107,0

Tableau 5c. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Point Wolfe (N.-B.), 1997 – Sites Benn.

Échantillon	Gravier très grossier (%)	Autres graviers (%)	Sable (%)	Poids (kg)
Benn 1A	49,0	41,8	9,1	5,6
Benn 1B	52,7	42,8	4,5	6,5
Benn 1C	57,8	36,8	5,4	26,8
Moyenne	53,2	40,5	6,4	
Écart type	4,4	3,2	2,5	
CV	0,08	0,08	0,39	
Poids total				38,9
Benn 2A	66,2	29,3	4,5	6,5
Benn 2B	52,8	42,4	4,8	6,4
Benn 2C	65,5	29,6	5,0	20,6
Moyenne	61,5	33,8	4,7	
Écart type	7,5	7,5	0,2	
CV	0,12	0,22	0,05	
Poids total				33,5
Benn 3A	70,1	24,4	5,5	27,6
Moyenne totale	59,2	35,3	5,5	
Écart type total	8,1	7,5	1,6	
CV total.	0,14	0,21	0,30	
Poids total				100,0

Tableau 6. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Northwest Miramichi Nord et Sud (N.-B.), 1997.

Échantillon	Gravier très grossier (%)	Autres graviers (%)	Sable (%)	Poids (kg)
Br. Nord A	47,3	46,7	6,1	12,7
Br. Nord B	21,1	59,5	19,4	17,0
Br. Sud A	50,8	34,3	14,9	13,3
Moyenne totale	39,7	46,8	13,4	
Écart type total	16,2	12,6	6,8	
CV total	0,41	0,27	0,50	
Poids total				43,0

Tableau 7a. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – ruisseau Catamaran (N.-B.), 1997.

Échantillon	Gravier très grossier (%)	Autres graviers (%)	Sable (%)	Poids (kg)
Cat 1 @ 2 m	24,0	60,3	15,7	8,0
Cat 1 @ 4 m	46,6	40,6	12,8	8,4
Cat 1 @ 6 m	39,2	46,4	14,3	7,0
Cat 1 @ 8 m	30,8	50,8	18,4	6,3
Cat 1 @ 10 m	33,2	53,1	13,7	4,8
Moyenne	34,8	50,3	15,0	
Écart type	8,6	7,4	2,2	
CV	0,25	0,15	0,15	
Poids total				34,5
Cat 2 @ 2 m	54,3	38,6	7,2	6,7
Cat 2 @ 4 m	33,0	51,0	16,0	7,3
Cat 2 @ 6 m	37,7	50,3	12,1	5,8
Cat 2 @ 8 m	27,4	56,1	16,6	6,5
Cat 2 @ 10 m	32,7	55,7	11,7	7,0
Moyenne	37,0	50,3	12,7	
Écart type	10,3	7,1	3,8	
CV	0,28	0,14	0,30	
Poids total				33,3
Cat 3 @ 4 m	49,1	40,9	10,0	7,0
Cat 3 @ 6 m	42,3	46,0	11,7	5,7
Cat 3 @ 8 m	38,9	46,6	14,5	6,4
Cat 3 @ 10 m	41,1	47,2	11,8	5,1
Cat 3 @ 12 m	27,4	57,6	15,1	6,1
Moyenne	39,7	47,7	12,6	
Écart type	7,9	6,1	2,1	
CV	0,20	0,13	0,17	
Total				30,3
Moyenne totale	37,2	49,4	13,4	
Écart type total	8,6	6,5	2,8	
CV total	0,23	0,13	0,21	
Poids total				98,1

Tableau 7b. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – ruisseau Catamaran (N.-B.), 1998.

Échantillon	Gravier très grossier (%)	Autres graviers (%)	Sable (%)	Poids (kg)
Cat 1 @ 2 et 6 m	38,5	45,7	15,8	33,6
Cat 1 @ 10 m	32,3	52,9	14,8	17,1
Moyenne	35,4	49,3	15,3	
Écart type	4,3	5,0	0,7	
CV	0,12	0,10	0,05	
Poids total				50,7
Cat 2 @ 2 m	55,2	35,7	9,1	13,7
Cat 2 @ 6 m	50,4	38,5	11,2	12,3
Cat 2 @ 10 m	49,7	40,9	9,3	15,6
Moyenne	51,8	38,4	9,9	
Écart type	3,0	2,6	1,1	
CV	0,06	0,07	0,11	
Poids total				41,6
Cat 3 @ 4 m	50,9	37,0	12,2	15,9
Cat 3 @ 8 m	38,2	47,8	14,0	14,5
Cat 3 @ 12	34,7	55,3	10,0	7,8
Moyenne	41,2	46,7	12,1	
Écart type	8,5	9,2	2,0	
CV	0,21	0,20	0,17	
Poids total				38,2
Moyenne totale	43,7	44,2	12,1	
Écart type total	8,7	7,4	2,6	
CV total	0,20	0,17	0,21	
Poids total				130,5

Tableau 7c. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – ruisseau Catamaran (N.-B.), 1999.

Échantillon	Gravier très grossier (%)	Autres graviers (%)	Sable (%)	Poids (kg)
Cat 1 @ 2 m	50,4	40,2	9,4	6,9
Cat 1 @ 6 m	50,2	40,3	9,6	12,1
Cat 1 @ 10 m	29,4	56,6	14,0	15,2
Moyenne	43,3	45,7	11,0	
Écart type	12,1	9,5	2,6	
CV	0,28	0,21	0,24	
Poids total				34,2
Cat 2 @ 2 m	28,0	55,6	16,5	8,5
Cat 2 @ 6 m	38,1	48,6	13,3	11,5
Cat 2 @ 10 m	26,6	54,2	19,2	7,7
Moyenne	30,9	52,8	16,3	
Écart type	6,3	3,7	2,9	
CV	0,20	0,07	0,18	
Poids total				27,7
Cat 3 @ 4 m	33,6	57,3	9,2	7,8
Cat 3 @ 8 m	53,9	35,3	10,9	13,9
Cat 3 @ 12 m	43,4	46,4	10,2	9,2
Moyenne	43,6	46,3	10,1	
Écart type	10,1	11,0	0,9	
CV	0,23	0,24	0,08	
Poids total				30,9
Moyenne totale	39,3	48,3	12,5	
Écart type total	10,6	8,2	3,6	
CV total	0,27	0,17	0,28	
Poids total				92,8

Tableau 8. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Black (N.-B.), 1998.

Échantillon	Gravier très grossier (%)	Autres graviers (%)	Sable (%)	Poids (kg)
Blk 1A	51,2	35,5	13,4	9,1
Blk 1B	63,0	27,2	9,9	7,4
Moyenne	57,1	31,3	11,6	
Écart type	8,3	5,9	2,5	
CV	0,15	0,19	0,21	
Poids total				16,5
Blk 2A	51,0	41,4	7,6	13,0
Blk 2B	44,3	48,0	7,8	12,6
Blk 2C	35,2	46,9	18,0	9,0
Moyenne	43,5	45,4	11,1	
Écart type	8,0	3,5	5,9	
CV	0,18	0,08	0,53	
Poids total				34,5
Moyenne totale	48,9	39,8	11,3	
Écart type total	10,2	8,6	4,4	
CV total	0,21	0,22	0,39	
Poids total				51,0

Tableau 9. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Portage (N.-B.), 1998.

Échantillon	Gravier très grossier (%)	Autres graviers (%)	Sable (%)	Poids (kg)
Port A	22,8	39,0	38,2	12,7
Port B	32,4	40,7	27,0	15,4
Port C	63,2	24,7	12,1	9,8
Moyenne	39,5	34,8	25,8	
Écart type	21,2	8,8	13,1	
CV	0,54	0,25	0,51	
Poids total				38,0

Tableau 10. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Kouchibouguacis (N.-B.), 1998.

Échantillon	Gravier très grossier (%)	Autres graviers (%)	Sable (%)	Poids (kg)
Kouch A	49,1	37,6	13,2	11,6
Kouch B	45,5	36,9	17,5	10,8
Kouch C	48,6	37,4	14,0	11,8
Moyenne	47,8	37,3	14,9	
Écart type	2,0	0,4	2,3	
CV	0,04	0,01	0,15	
Poids total				34,1

Tableau 11. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Morell (I.-P.-E.), 1997.

Échantillon	Gravier très grossier (%)	Autres graviers (%)	Sable (%)	Poids (kg)
Kenny A	1,9	40,5	57,7	3,4
Kenny B	4,2	44,8	50,9	4,7
Kenny C	29,5	41,3	29,2	15,0
Moyenne	11,9	42,2	45,9	
Écart type	15,3	2,3	14,9	
CV	1,29	0,05	0,32	
Poids total				23,1
Cardigan A	3,3	60,1	36,6	6,0
Cardigan B	18,3	47,8	34,0	4,2
Cardigan C	17,7	46,0	36,3	14,2
Moyenne	13,1	51,3	35,6	
Écart type	8,5	7,7	1,4	
CV	0,65	0,15	0,04	
Poids total				24,5
Cranes A	24,1	57,6	18,3	6,2
Cranes B	31,3	50,0	18,8	4,2
Cranes C	30,2	51,8	18,0	16,3
Moyenne	28,5	53,1	18,3	
Écart type	3,9	4,0	0,4	
CV	0,14	0,08	0,02	
Poids total				26,8
Moyenne totale	17,8	48,9	33,3	
Écart type total	12,0	6,8	14,2	
CV total	0,68	0,14	0,43	
Poids total				74,3

Tableau 12. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Morell (I.-P.-E.), 2000.

Échantillon	Gravier très grossier (%)	Autres graviers (%)	Sable (%)	Poids (kg)
Kenny A	10,7	53,6	35,7	8,1
Kenny B	14,0	51,8	34,2	11,8
Moyenne	12,4	52,7	34,9	
Écart type	2,4	1,3	1,0	
CV	0,19	0,03	0,03	
Poids total				19,9
Cardigan A	46,4	32,7	21,0	12,0
Cardigan B	38,8	38,5	22,8	12,7
Moyenne	42,6	35,6	21,9	
Écart type	5,4	4,1	1,3	
CV	0,13	0,12	0,06	
Poids total				24,7
Cranes A	32,5	43,7	23,9	10,2
Cranes B	50,4	34,3	15,3	10,0
Moyenne	41,4	39,0	19,6	
Écart type	12,7	6,7	6,1	
CV	0,31	0,17	0,31	
Poids total				20,1
Indian A	21,6	55,1	23,3	11,4
Indian B	20,8	49,0	30,2	9,0
Moyenne	21,2	52,1	26,8	
Écart type	0,6	4,3	4,9	
CV	0,03	0,08	0,18	
Poids total				20,4
Contrôle A	24,9	61,9	13,2	10,9
Contrôle B	23,5	56,5	20,0	13,1
Moyenne	24,2	59,2	16,6	
Écart type	1,0	3,8	4,8	
CV	0,04	0,06	0,29	
Poids total				24,0
Moyenne totale	28,4	47,7	23,9	
Écart type total	13,3	10,0	7,4	
CV total	0,47	0,21	0,31	
Poids total				109,2

Tableau 13. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Dee (N.-B.), 1998.

Échantillon	Gravier très grossier (%)	Autres graviers (%)	Sable (%)	Poids (kg)
Dee 1A	55,4	38,7	5,9	13,3
Dee 1B	37,1	55,3	7,6	8,0
Moyenne	46,3	47,0	6,7	
Écart type	13,0	11,8	1,2	
CV	0,28	0,25	0,18	
Poids total				21,2
Dee 2A	77,3	22,4	0,3	7,1
Dee 2B	53,0	44,4	2,6	10,8
Moyenne	65,1	33,4	1,5	
Écart type	17,2	15,6	1,6	
CV	0,26	0,47	1,12	
Poids total				17,9
Moyenne totale	55,7	40,2	4,1	
Écart type total	16,5	13,7	3,3	
CV total	0,3	0,34	0,8	
Poids total				39,2

Tableau 14. Pourcentage des particules réparties par catégories de taille – rivière Don (N.-B.), 1998.

Échantillon	Gravier très grossier (%)	Autres graviers (%)	Sable (%)	Poids (kg)
Don A	43,6	51,6	4,8	8,8
Don B	42,0	49,8	8,1	9,0
Moyenne	42,8	50,7	6,5	
Écart type	1,1	1,2	2,4	
CV	0,03	0,02	0,37	
Poids total				17,7

Tableau 15. Pourcentage moyen de la masse totale des trois classes granulométriques et résultats de l'analyse statistique entre les différents sites d'échantillonnage.

Site (rivière/bassin)	N	Gravier très grossier (%)	Autres graviers (%)	Sable (%)
Cat 1 (Catamaran)	10	37,5 ABC	48,7 ABCD	13,8 DEF
Cat 2 (Catamaran)	11	39,4 ABC	47,7 ABCD	12,9 DEFG
Cat 3 (Catamaran)	11	41,2 ABC	47,0 ABCD	11,8 DEFG
Northwest Miramichi Nord*	2	34,2 BC	53,1 AB	12,7 DEFG
Northwest Miramichi Sud*	1	50,8 AB	**34,3** D	14,9 DE
Blk (Black)	5	48,9 AB	39,8 BCD	11,3 DEFG
Port (Portage)	3	39,5 ABC	34,8 D	25,8 BC
Kouch (Kouchibouguacis)	3	47,8 AB	37,3 BCD	14,9 DE
Kenny (Morell)	5	**12,1** D	46,4 ABCD	**41,5** A
Cardigan (Morell)	5	24,9 DC	45,0 ABCD	30,1 B
Cranes (Morell)	5	33,7 BC	47,5 ABCD	18,8 CD
Indian (Morell)	2	21,2 CD	52,1 ABC	26,8 BC
Contrôle (Morell)*	2	24,2 CD	**59,2** A	16,6 D
Dee (Tobique)	4	55,7 AB	40,2 BCD	**4,1** G
Don (Tobique)	2	42,8 ABC	50,7 ABCD	6,5 EFG
Gul (Tobique)*	2	57,0 A	37,9 BCD	5,1 FG
Barr (Point Wolfe)*	7	50,9 AB	44,7 ABCD	4,5 G
Key (Point Wolfe)*	7	52,6 AB	42,2 BCD	5,1 FG
Benn (Point Wolfe)*	7	**59,2** A	35,3 CD	5,5 FG
Analyse paramétrique		$p < 0,0001$	$p = 0,0359$	$p < 0,0001$

N = nombre d'échantillons. * Site de référence. Les lettres représentent les résultats du test de regroupement de Duncan (*Duncan's Multiple Range Test*). Les valeurs maximale et minimale de chaque classe sont indiquées en gras.

Tableau 16. Pourcentage moyen de la masse totale des trois classes granulométriques et résultats de l'analyse statistique entre les bassins (sites) sélectionnés à cause de la présence d'activités forestières, agricoles ou de régulation des débits et les bassins (sites) de référence.

Bassin	N	Gravier très grossier (%)	Autres graviers (%)	Sable (%)
Activités foretières				
Catamaran	32	39,4 ^{AB}	47,8 ^{ABC}	12,8 ^{C}
Black	5	48,9 ^{A}	39,8 ^{BC}	11,3 ^{C}
Portage	3	39,5 ^{AB}	34,8 ^{C}	25,8 ^{AB}
Kouchibouguacis	3	47,8 ^{A}	37,3 ^{BC}	14,9 ^{BC}
Activités agricoles				
Morell (Kenny, Cardigan Cranes, Indian)	17	**23,3** ^{B}	47,0 ^{ABC}	**29,8** ^{A}
Régulation des débits				
Tobique (Dee, Don)	6	51,4 ^{A}	43,7 ^{ABC}	**4,9** ^{C}
Conditions «naturelles»				
Tobique (Gulquac)	2	**57,0** ^{A}	37,9 ^{BC}	5,1 ^{C}
Point Wolfe	21	54,2 ^{A}	40,7 ^{BC}	5,1 ^{C}
Morell (Contrôle)	2	24,2 ^{B}	59,2 ^{A}	16,6 ^{BC}
Northwest Miramichi Nord	2	34,2 ^{AB}	**53,1** ^{AB}	12,7 ^{C}
Northwest Miramichi Sud	1	50,8 ^{A}	**34,3** ^{C}	14,9 ^{BC}
Analyse paramétrique		$p < 0,0001$	$p = 0,008$	$p < 0,0001$

N = nombre d'échantillons. Les lettres représentent les résultats du test de regroupement de Duncan (*Duncan's Multiple Range Test*). Les valeurs maximale et minimale de chaque classe sont indiquées en gras.

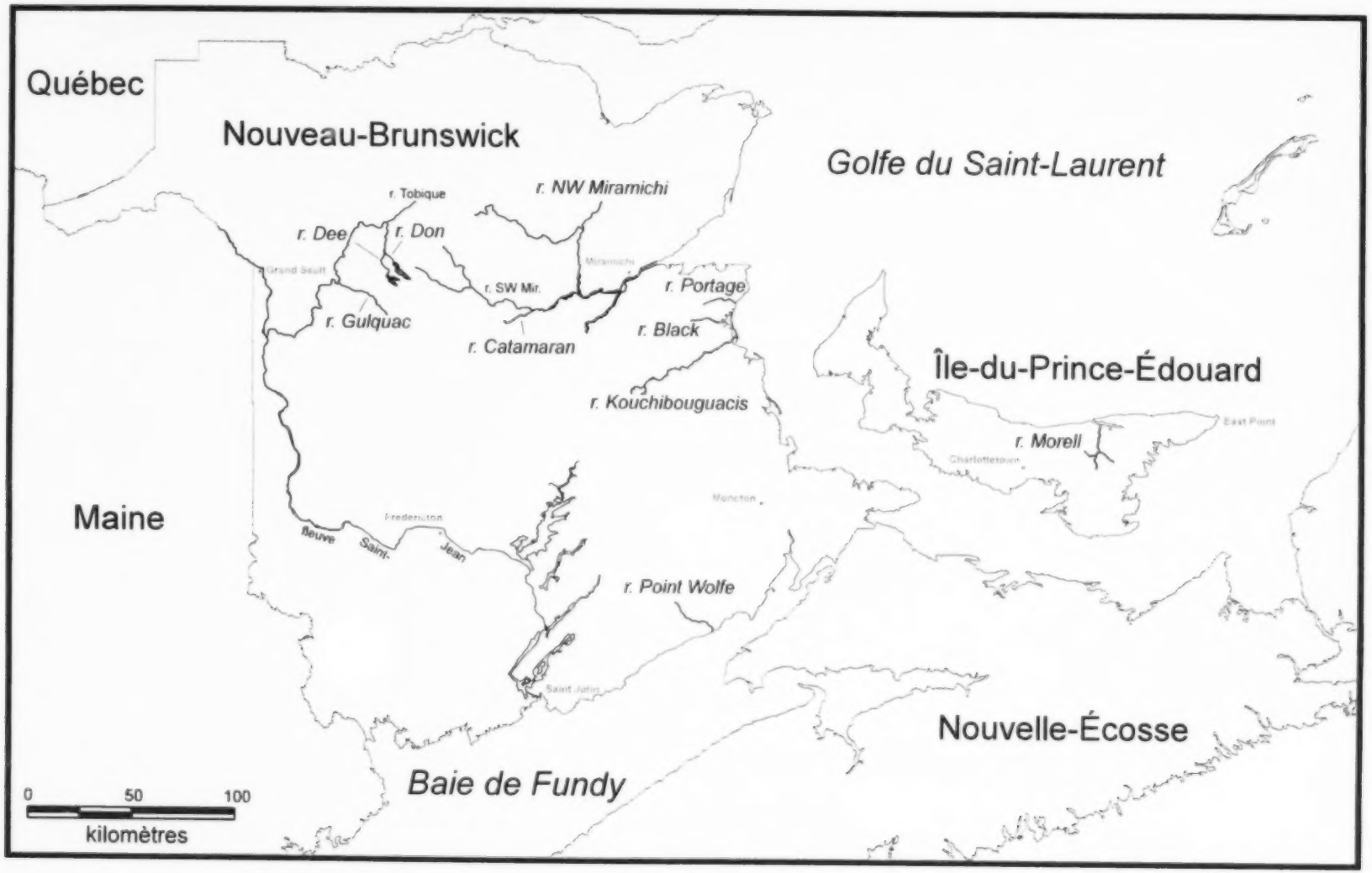

Figure 1. Localisation des rivières échantillonnées

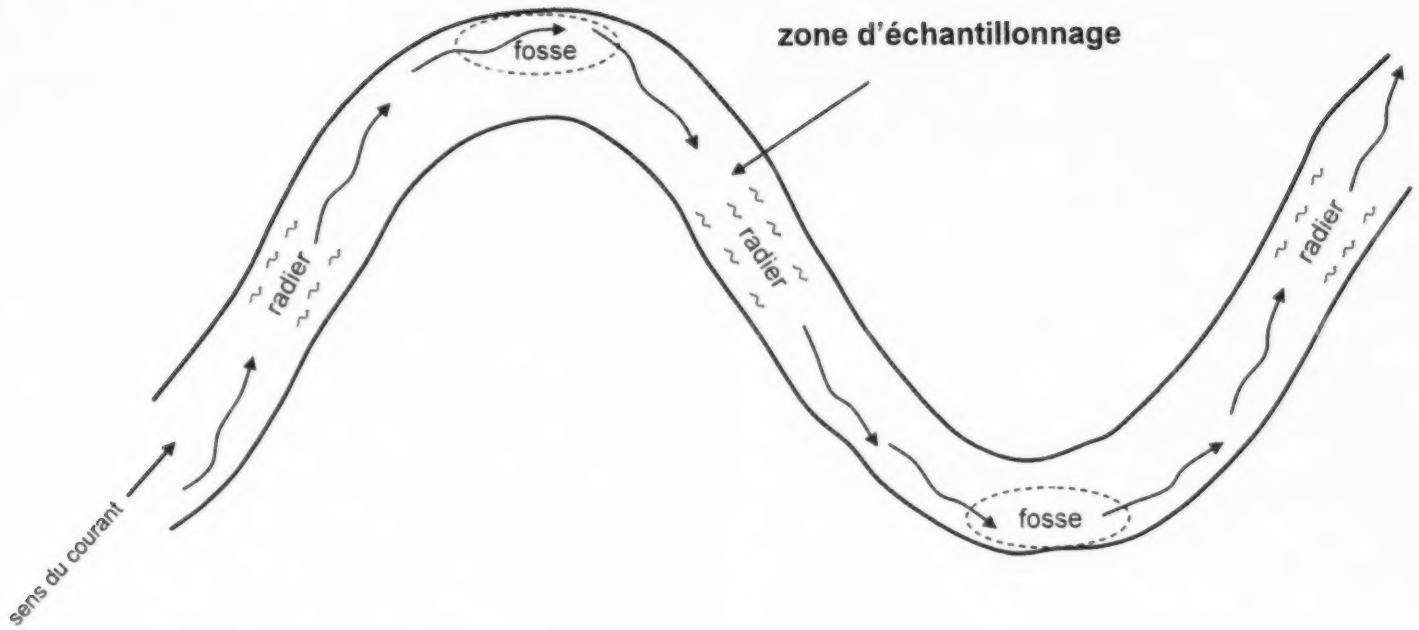

Figure 2. Localisation des zones d'échantillonnage (radiers)

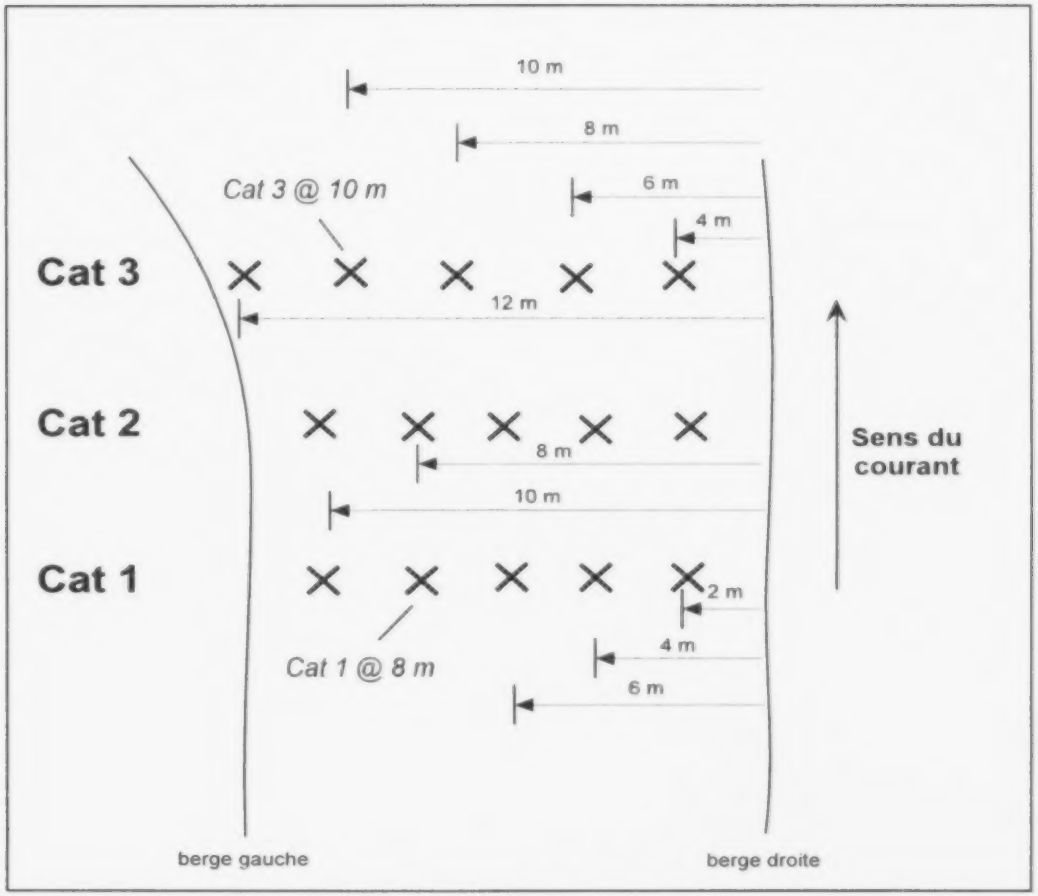

Figure 3. Exemple d'organisation de l'échantillonnage en transects (Site Cat, 1997)

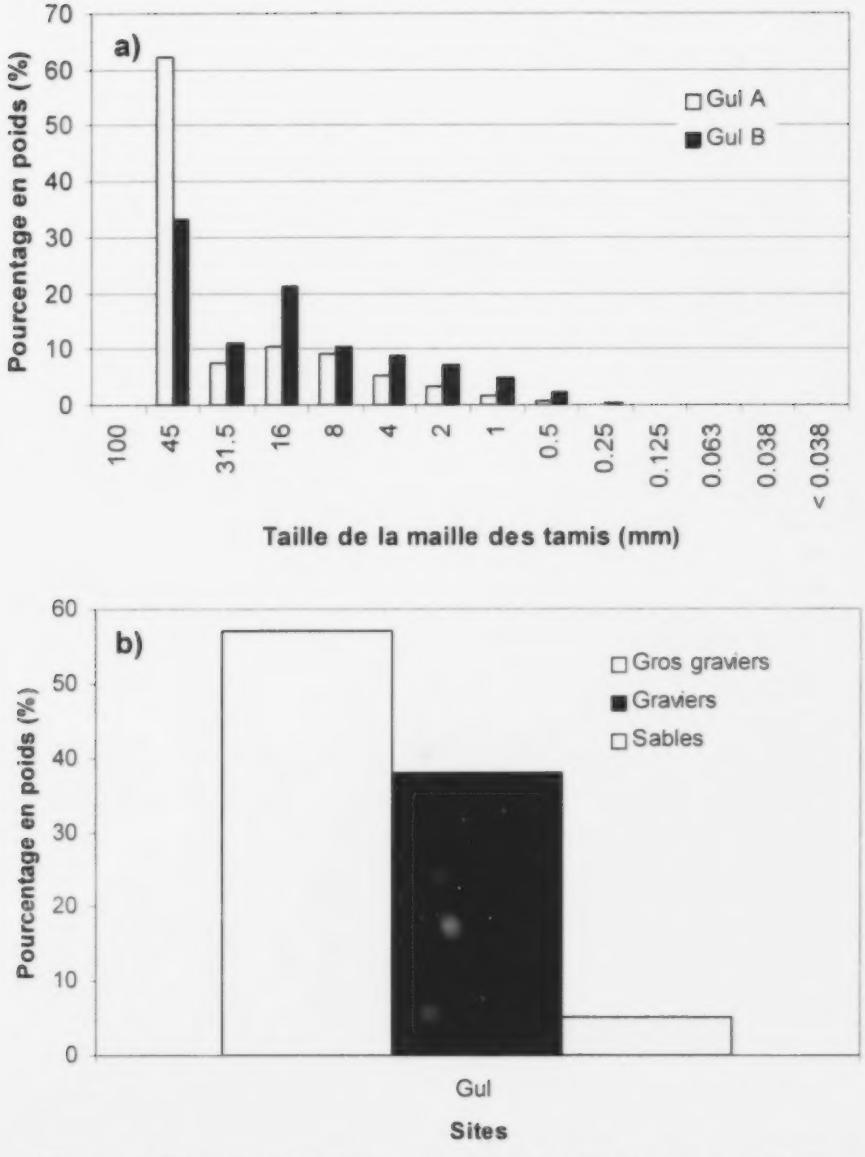

Figure 4. Distribution de la grosseur des particules – rivière Gulquac (1998)

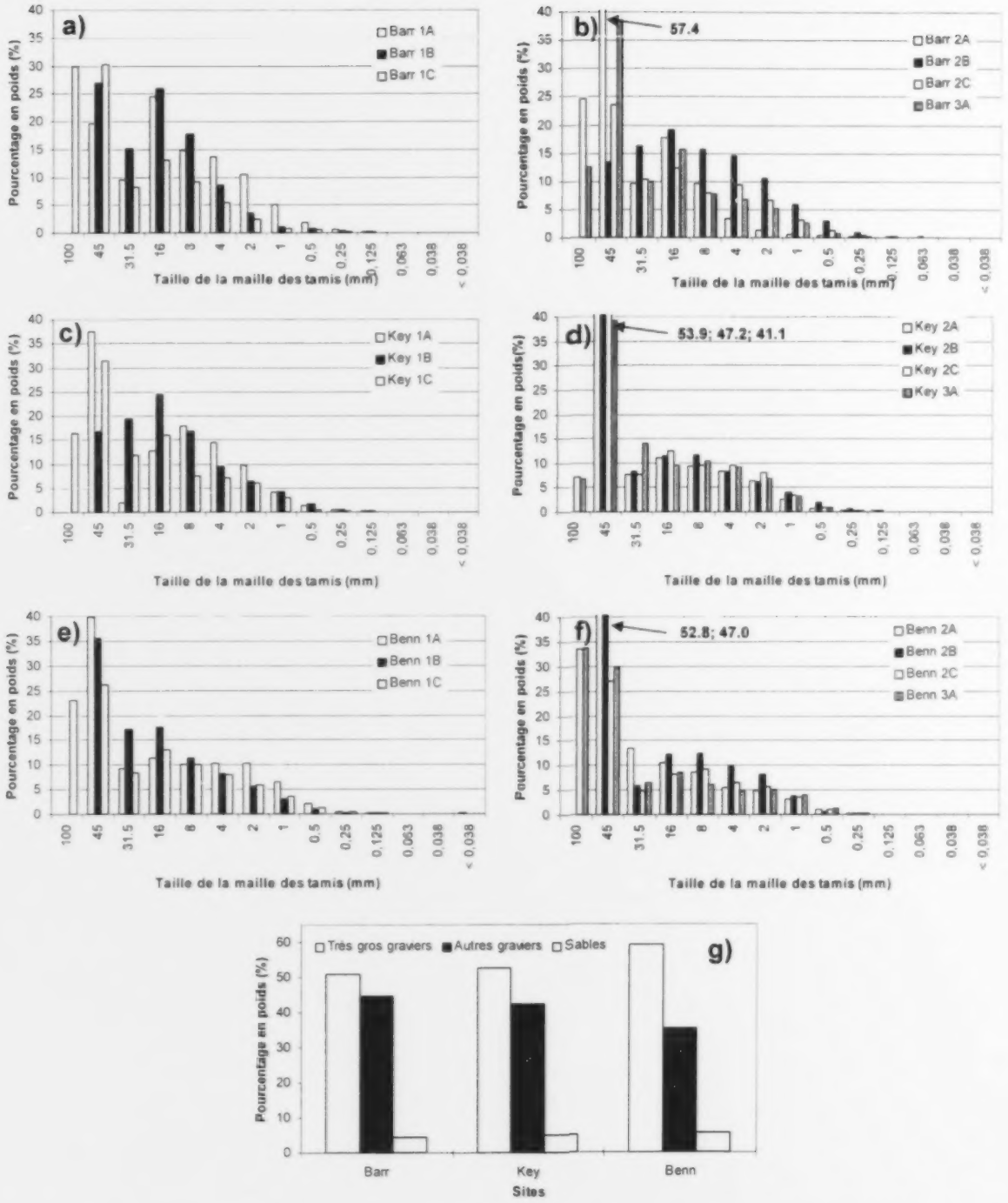

Figure 5. Distribution de la grosseur des particules – rivière Wolfe (1998)

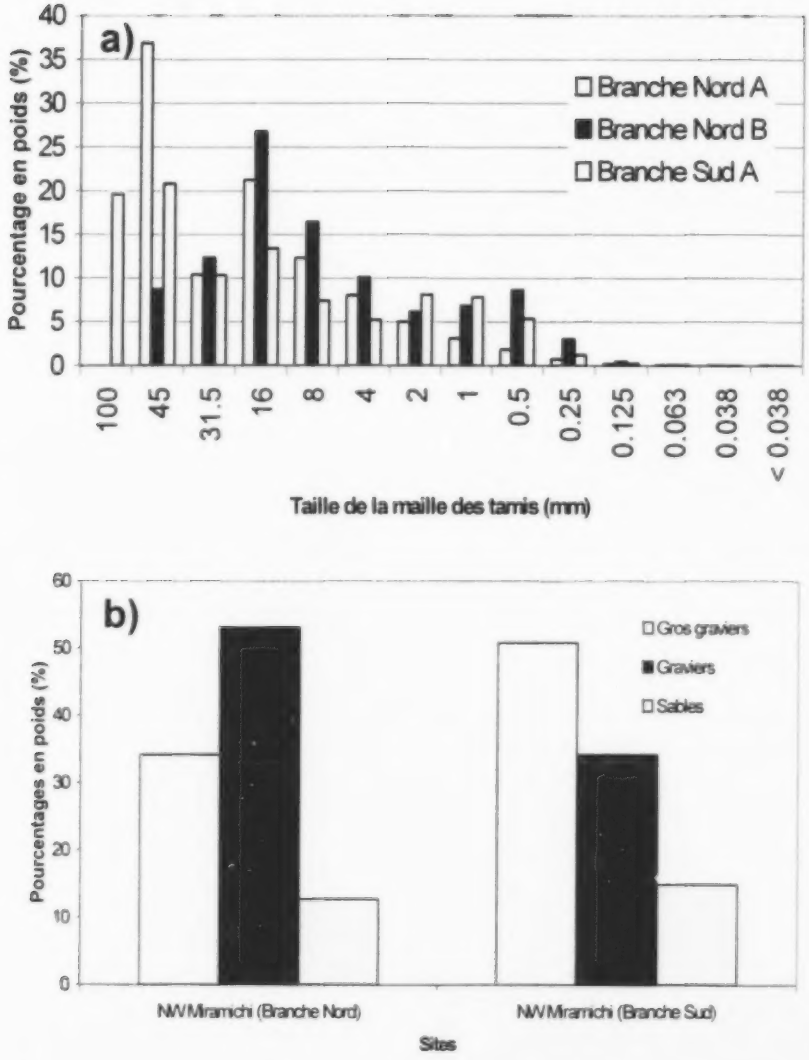

Figure 6. Distribution de la grosseur des particules – rivière Northwest Miramichi (1998)

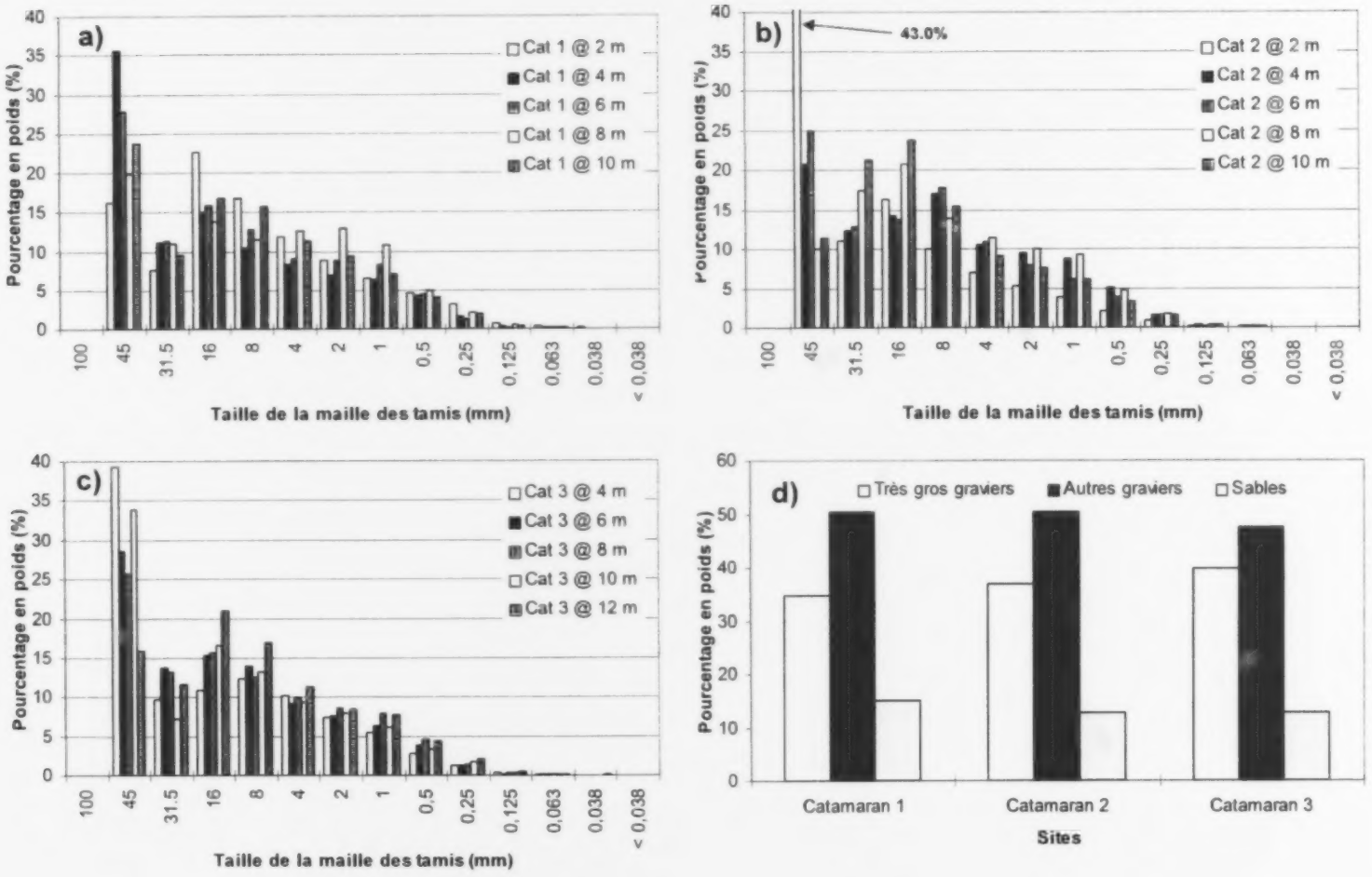

Figure 7. Distribution de la grosseur des particules – ruisseau Catamaran (1997)

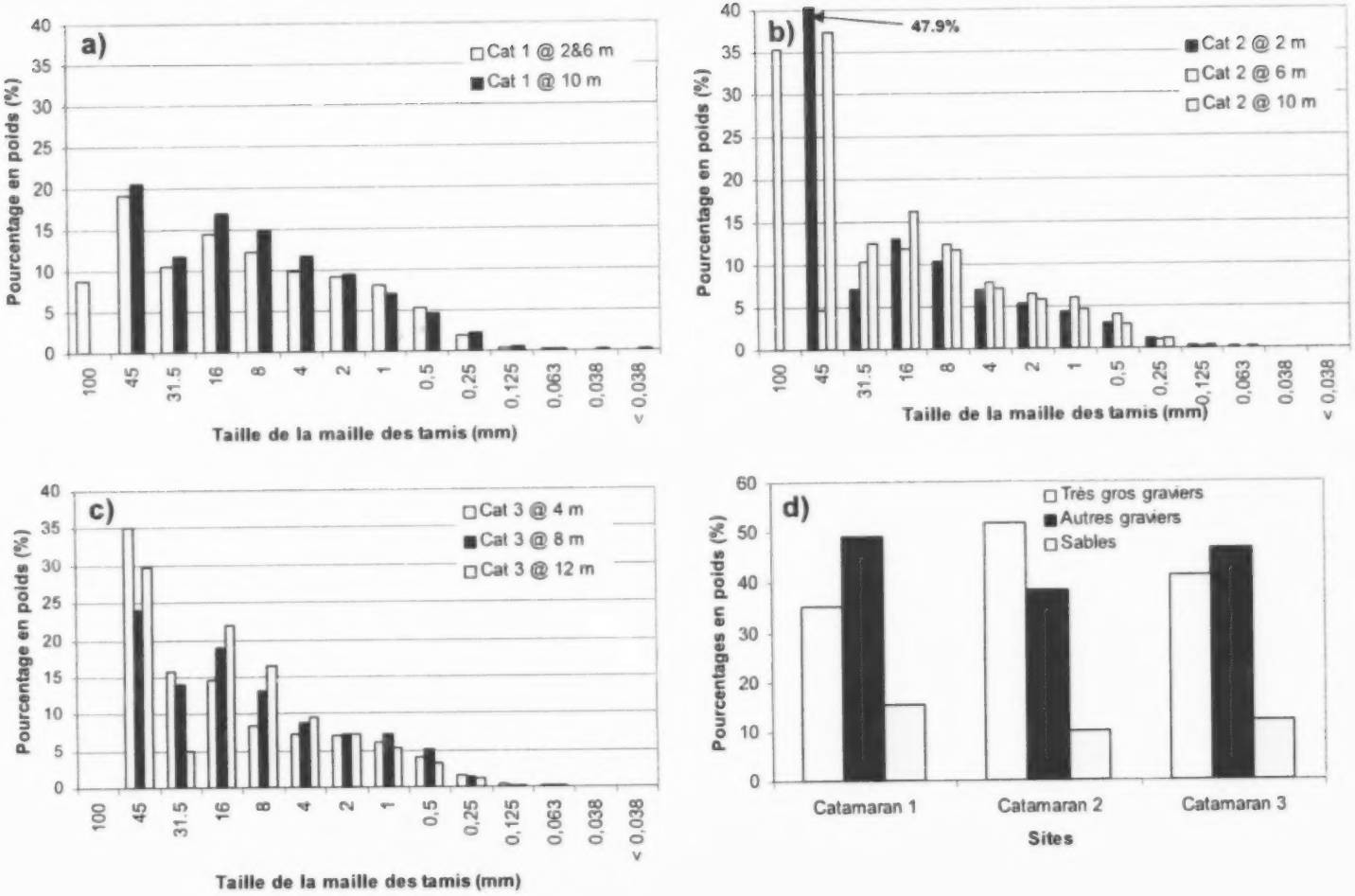

Figure 8. Distribution de la grosseur des particules – ruisseau Catamaran (1998)

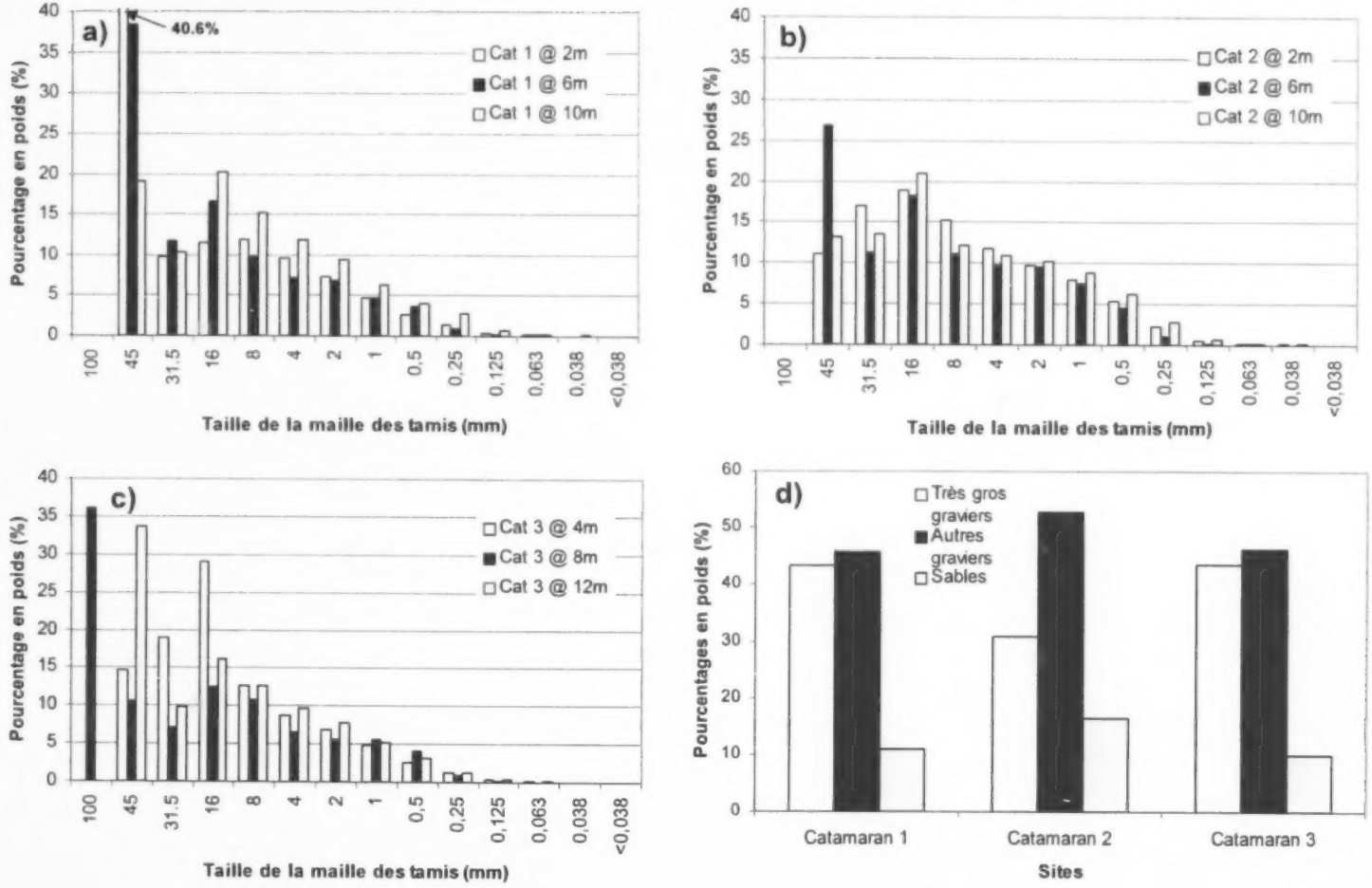

Figure 9. Distribution de la grosseur des particules – ruisseau Catamaran (1999)

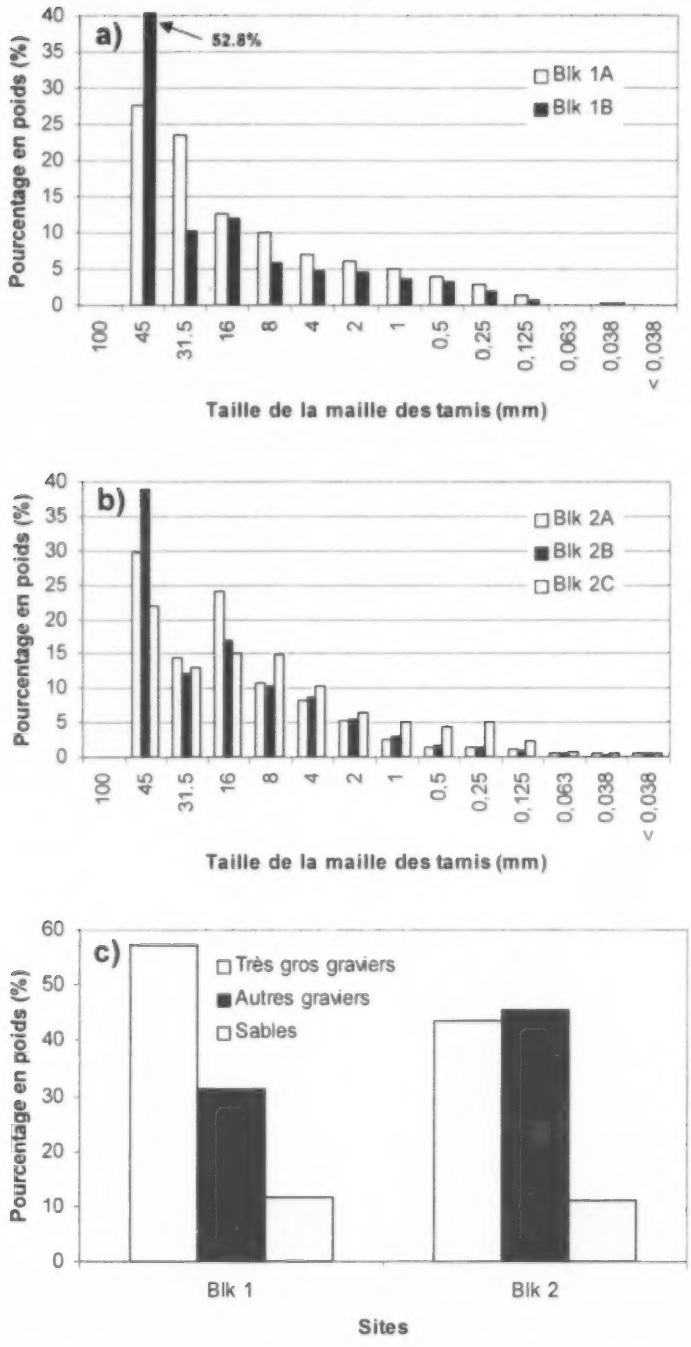

Figure 10. Distribution de la grosseur des particules – rivière Black (1998)

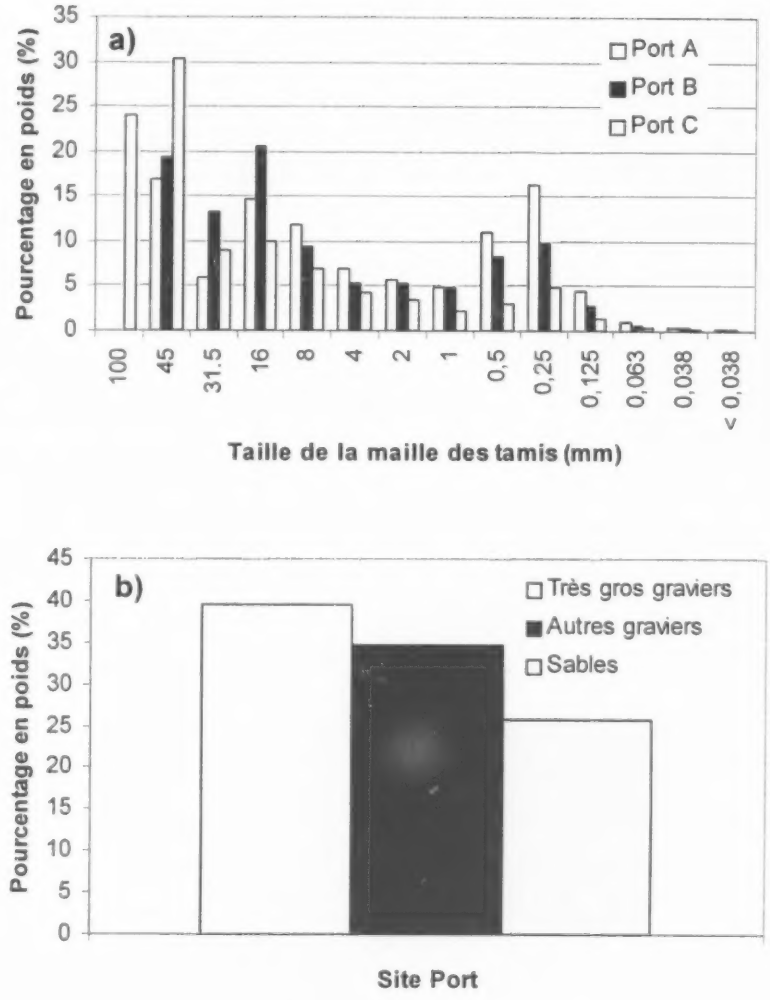

Figure 11. Distribution de la grosseur des particules – rivière Portage (1998)

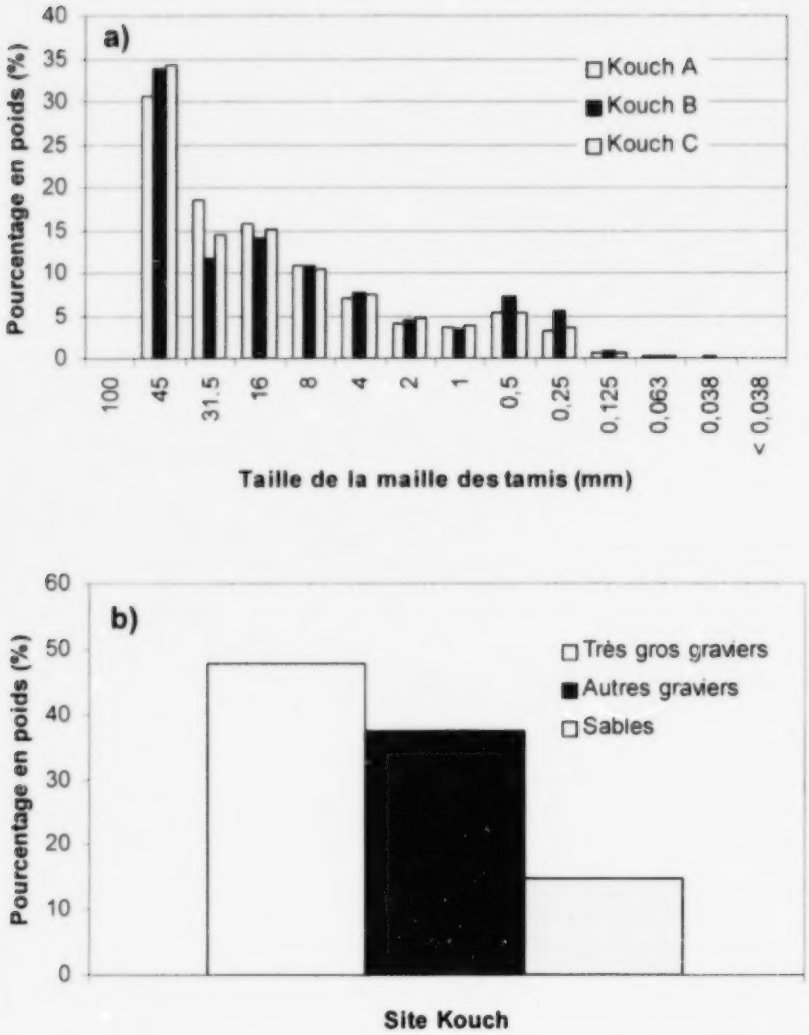

Figure 12. Distribution de la grosseur des particules – rivière Kouchibouguacis (1998)

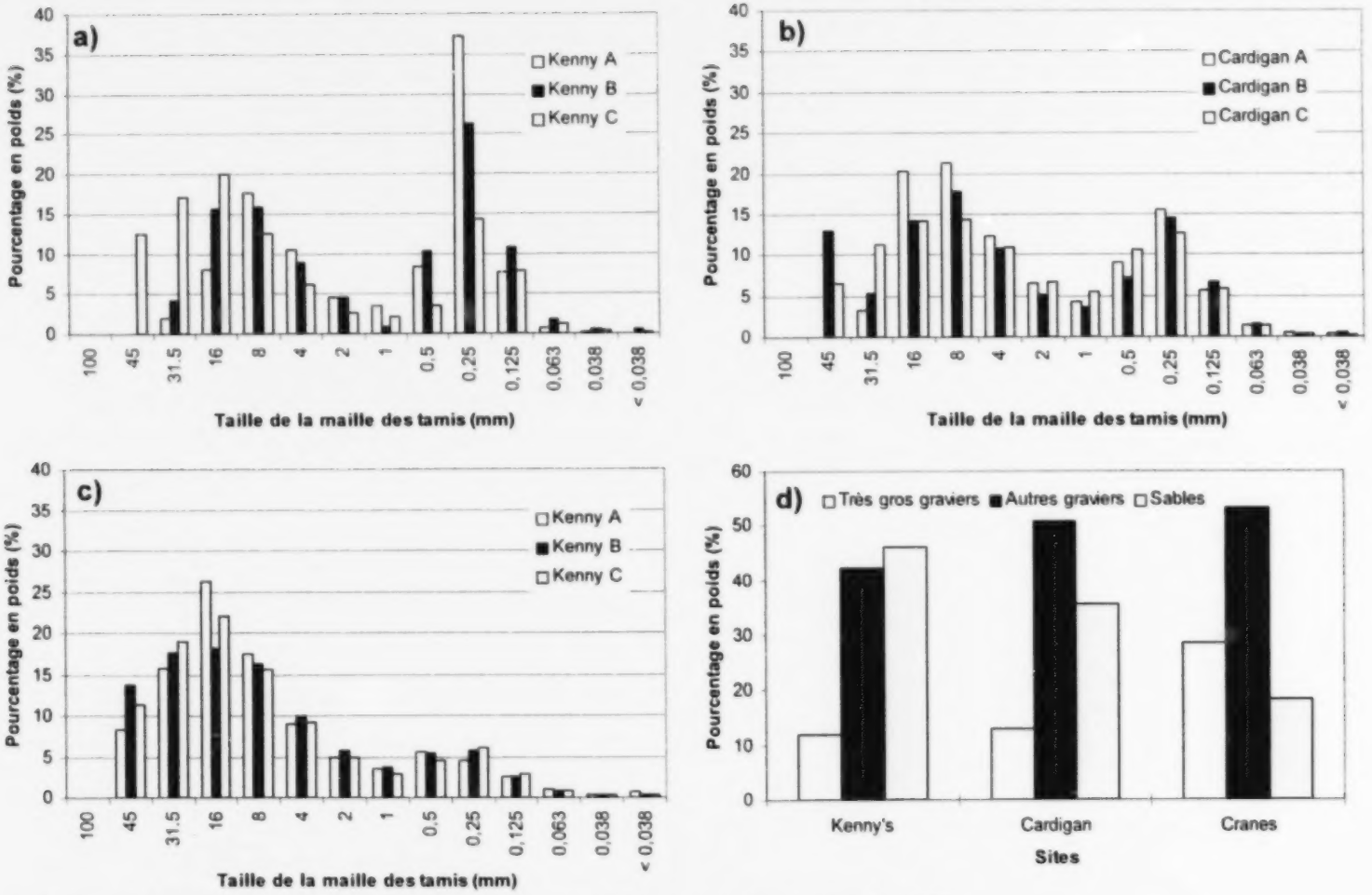

Figure 13. Distribution de la grosseur des particules – rivière Morell (1997)

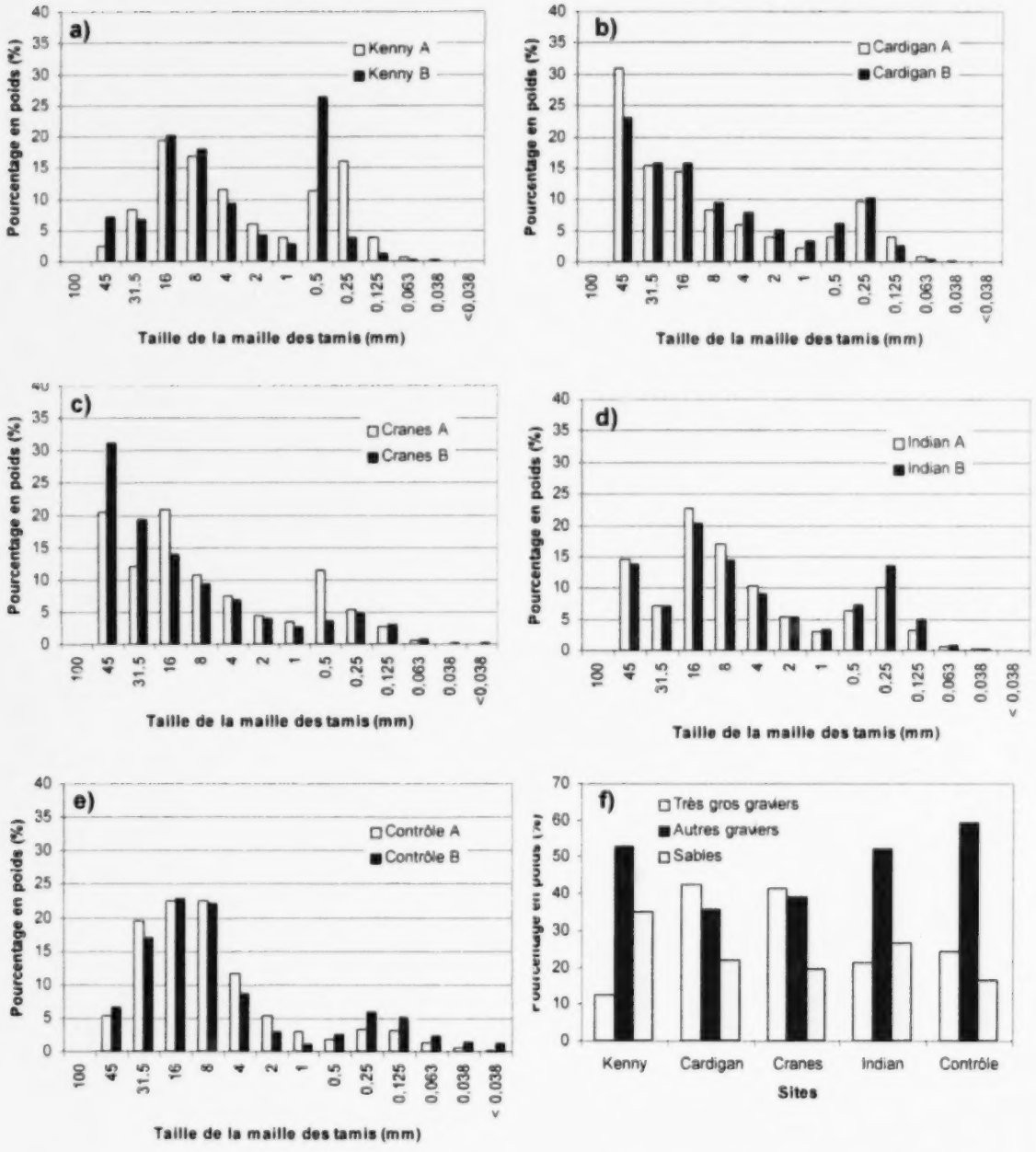

Figure 14. Distribution de la grosseur des particules – rivière Morell (2000)

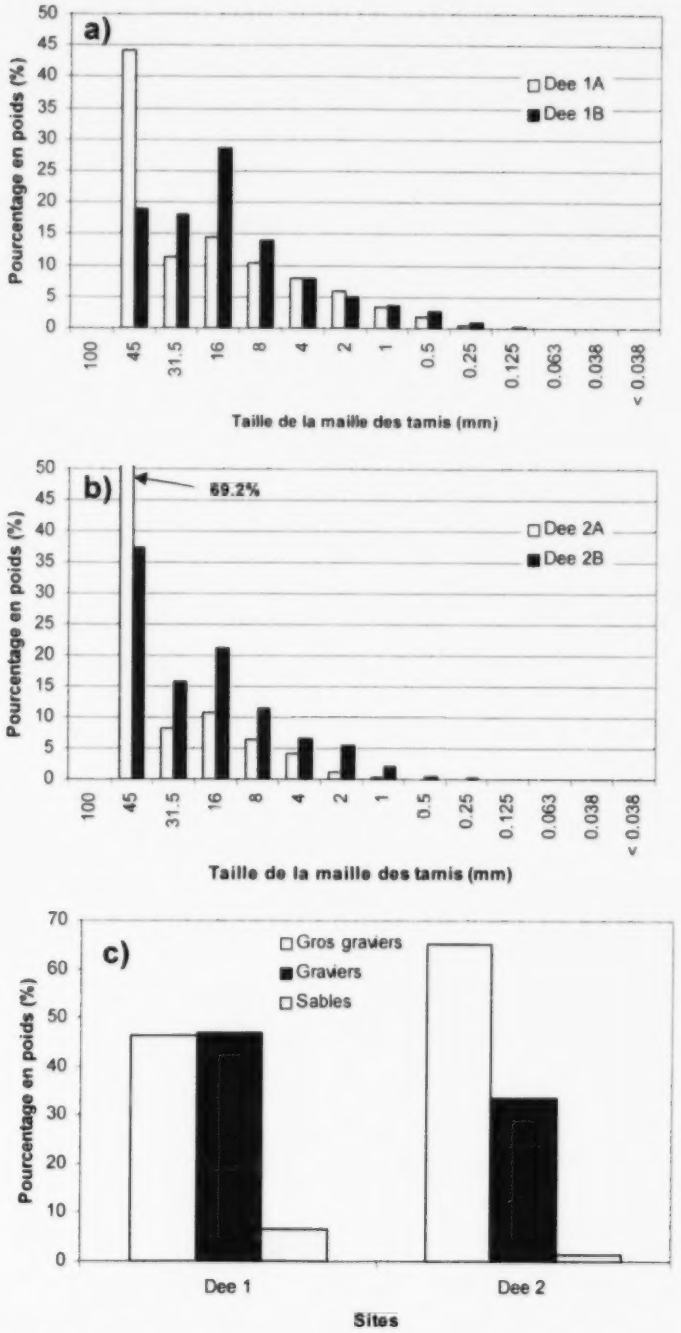

Figure 15. Distribution de la grosseur des particules – rivière Dee (1998)

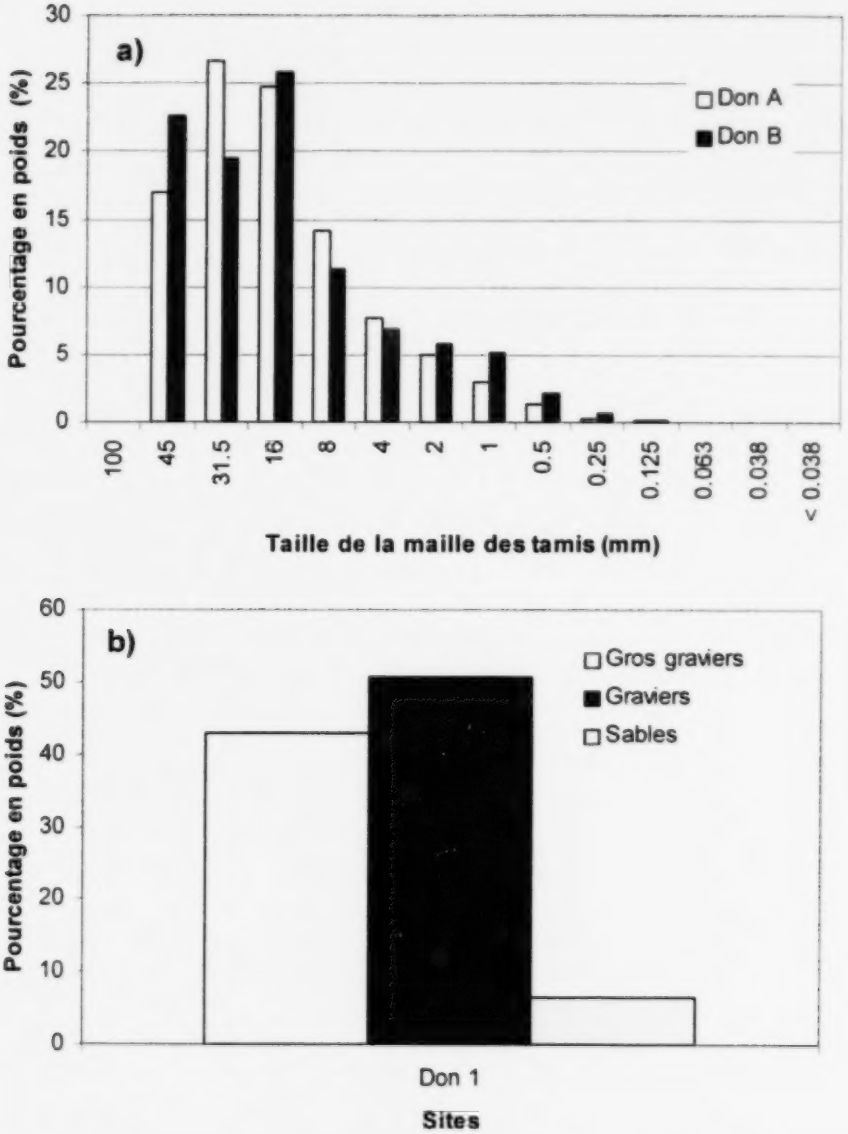

Figure 16. Distribution de la grosseur des particules – rivière Don (1998)

Figure 17. Photo démontrant le système de chenaux de drainage des champs et du réseau routier agricole à l'Ile-du-Prince-Edouard.

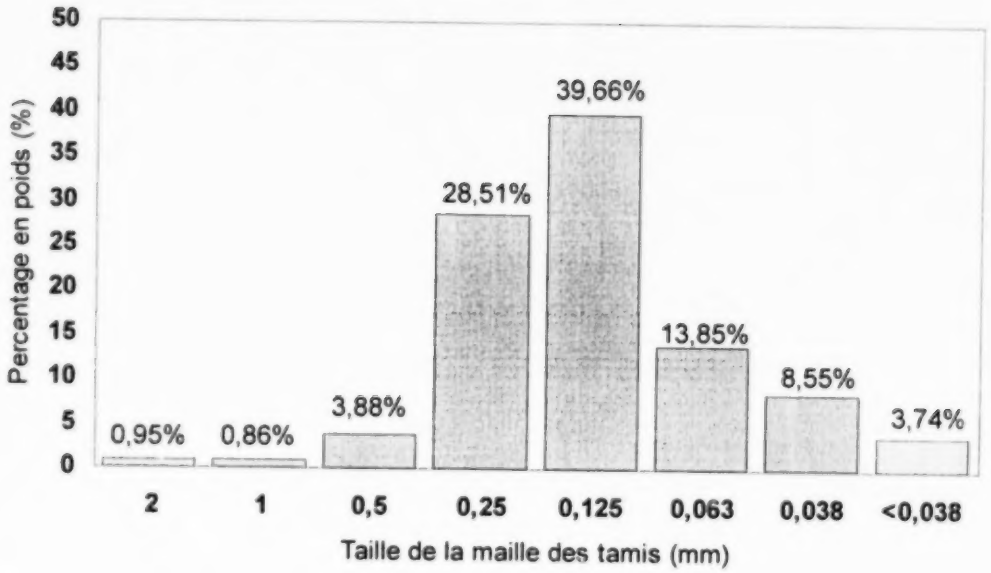

Figure 18. Distribution de la grosseur des particules dans les chenaux de drainage à l'Ile-du-Prince-Edouard

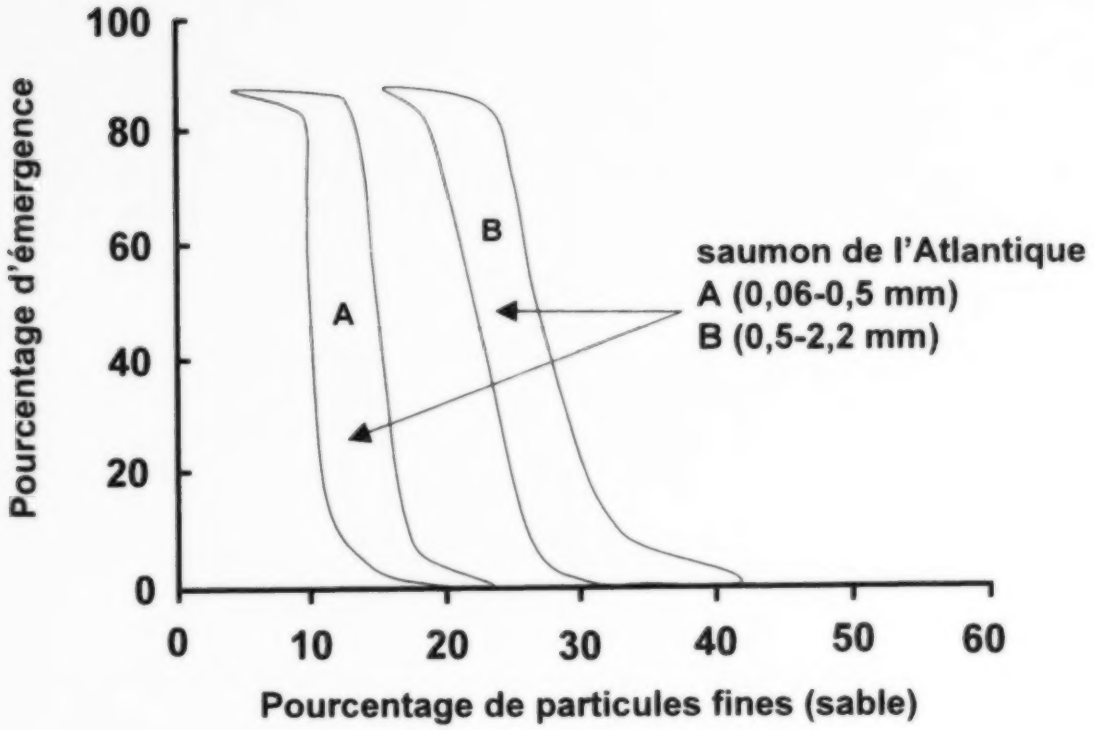

Figure 19. Relation entre le pourcentage de particules fines (sable) et le pourcentage d'émergence du saumon de l'Atlantique (adapté de Peterson et Metcalfe, 1981)